This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

UC-NRLF
$B 276 310

Electro Metallurgy

REESE LIBRARY

OF THE

UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Received June, 1889.

Accessions No. 38977 Shelf No.

Electro Metallurgy

REESE LIBRARY

OF THE

UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Received June, 1889.

Accessions No. 35977 Shelf No.

TRAITÉ

DE

GALVANOPLASTIE

ET

D'ÉLECTROLYSE

LABORATIONI
SUCC
IRIATANCO

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

TRAITÉ
DE
GALVANOPLASTIE
ET
D'ÉLECTROLYSE
AVEC
INDICATIONS PRATIQUES
FONDÉES SUR LES DERNIÈRES DÉCOUVERTES

Par GEYMET.

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

PARIS
GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
ÉDITEURS DE LA BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE
Quai des Grands-Augustins, 55.

1888

(Tous droits réservés.)

TS670
G4

38977

TRAITÉ

DE

GALVANOPLASTIE

ET

D'ÉLECTROLYSE.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

PRÉLIMINAIRES.

L'électricité est une des parties de la Physique dont la connaissance est le plus utile à l'industrie moderne. Elle tient le premier rôle dans le présent par suite de ses applications sans nombre, des découvertes incessantes qui s'y rattachent et dont l'importance sera centuplée à court délai. Elle s'est donné une langue à part.

Les expressions techniques y abondent, et il serait souvent difficile au lecteur qui ouvre un livre d'électricité pour la première fois, de pouvoir, en dépit de ses études scolaires, définir exactement le sens de la série de mots qui suivent et que nous plaçons en vedette, non pas pour l'effrayer,

mais pour lui faire comprendre la nécessité d'un peu de théorie, même dans un traité essentiellement écrit en vue de la pratique. Il faut donc qu'il se résigne à éclaircir ce qu'on entend par :

Unités pratiques de mesure, de résistance, d'intensité, de force électro-motrice, d'énergie,

et qu'il cherche à comprendre le sens exact des expressions :

Conductibilité, énergie;
Propriétés électriques des corps;
Fluide neutre;
Magnétisme, électromagnétisme;
Machines électriques;
Condensateurs, batteries, piles, courant, pôles, réophore, électrode;
Voltamètre, boussole des tangentes;
Rhéomètre, force de polarisation;
Commutateur, potentiel, unités pratiques, intensité, force électro-motrice, résistance;
Ohm, ampère, volt, coulomb, farad, dyne, erg, watt, etc.

RESEARCH LIBRARY
UNIVERSITY
CALIF.

PREMIÈRE PARTIE.

CHAPITRE PREMIER.

PHÉNOMÈNES GÉNÉRAUX.

Électricité.

On dit qu'un corps est électrisé quand il a la propriété d'attirer les corps légers, tels que les barbes de plumes, les duvets, les débris de papier, la moëlle de sureau.

Le mot *électricité* dérive du mot grec ἤλεκτρον. Les anciens avaient remarqué, sans pousser leur observation plus loin, que l'ambre jaune, ἤλεκτρον, acquérait par le frottement la propriété dont nous avons parlé.

Les résines, telles que la gomme laque, la colophane, le copal, acquièrent la même vertu par une friction énergique.

Si le corps sur lequel on développe l'électricité est volumineux et s'il affecte certaines formes se prêtant à l'opération, comme un cylindre en verre,

un gâteau de résine, la présence de l'électricité s'accuse par un dégagement d'étincelles qui s'échappent du corps électrisé à l'approche du doigt.

Si l'expérience est faite sur des corps moins susceptibles comme forme, comme masse et comme composition chimique, de développer l'électricité, le phénomène est alors constaté par divers appareils appelés *électroscopes*.

Le plus simple est composé d'une petite balle en moelle de sureau suspendue à un fil très fin.

Le corps frictionné qui sert à l'expérience est ensuite approché de la balle de sureau, et suivant que la balle est attirée plus ou moins le corps est réputé plus ou moins disposé à prendre l'électricité.

On remarque, à l'aide de ce petit appareil facile à construire et qui porte le nom de *pendule électrique*, que les attractions diminuent lorsque la distance augmente et que l'énergie croît avec la surface frictionnée et avec le temps qu'on a passé pour électriser l'objet.

Électricité statique. — Électricité dynamique. Sources d'électricité. — Effets d'électricité statique. Conductibilité. — Résistance.— Corps bons et mauvais conducteurs.

L'électricité est produite par le frottement, par le choc, par la chaleur, par la dilatation inégale des métaux, par la combinaison et par la décomposition des corps, etc.

L'électricité développée par le frottement se nomme *électricité statique* tandis que l'électricité produite par les courants prend le nom d'*électricité dynamique*.

L'électricité statique produit des effets

1. Mécaniques,
2. Calorifiques,
3. Lumineux,
4. Chimiques.

1. Lorsque la décharge d'une bouteille de Leyde traverse un corps mauvais conducteur qui s'oppose à son passage, comme un bloc de verre, ce corps est percé de part en part par l'étincelle électrique.

2. Si l'étincelle traverse un fil métallique, le fil peut s'échauffer, fondre et se volatiliser.

3. Les décharges électriques se manifestent par une production de lumière.

4. L'hydrogène combiné avec l'oxygène, forme un mélange détonant qui, enfermé dans un flacon, s'enflamme au passage de l'étincelle électrique; alors le bouchon est projeté violemment.

On nomme *conductibilité* la propriété que possèdent certaines substances de donner passage à l'électricité, et *résistance* la propriété contraire, c'est-à-dire le plus ou moins de force opposée par les molécules des corps au passage du fluide.

Tous les corps ne se prêtent pas au même

degré à l'écoulement du fluide. On appelle *bons conducteurs* ceux qui sont facilement traversés par l'électricité; tels sont : les métaux, le charbon, l'eau, l'air humide. On nomme *mauvais conducteurs* les corps qui opposent plus ou moins de résistance à l'écoulement électrique. Nous citons en première ligne le verre et les résines, puis la soie, la pierre, la brique, les oxydes métalliques, les huiles; les gaz secs sont également mauvais conducteurs.

Le verre et les résines sont des corps si mauvais conducteurs qu'ils servent dans la construction des machines à mettre obstacle au passage de l'électricité qu'on développe sur ces appareils.

Électricité neutre. — Fluide positif, fluide négatif. Corps isolants. — Sources d'électricité.

Tous les corps dans la nature sont recouverts d'un fluide particulier à l'état latent : c'est le fluide neutre. L'ensemble des corps possédant l'électricité neutre, c'est-à-dire la Terre, porte le nom de *réservoir commun*.

Le fluide ou l'électricité neutre est la réunion de deux fluides : le *fluide positif* et le *fluide négatif*. On les désigne encore sous le nom de *fluide vitreux* et de *fluide résineux*.

Si l'on ne tenait pas compte de cette distinction,

qui n'est, en somme, établie que pour fixer les idées, il serait difficile de saisir exactement le rôle de ces deux fluides dans l'Électrolyse et surtout dans l'application de l'Électrolyse à la Galvanoplastie qui est la partie que nous avons à traiter dans ce livre.

Les dépôts métalliques, depuis l'apparition de la machine Gramme, ne s'obtiennent plus seulement à l'aide de la pile de Daniell ou de la pile de Bunsen, mais aussi avec les machines dynamo-électriques qui remplacent déjà les piles à deux liquides dans la grande industrie.

L'*électricité neutre* est donc la réunion de deux fluides combinés sur le même corps.

Dans cet état, qui est celui de nature, le corps neutre ne présente aucun phénomène laissant supposer la présence de l'électricité.

Le fluide positif et le fluide négatif, combinés en quantité égale, se neutralisent l'un par l'autre.

Il faut donc enlever à ce corps l'un des deux fluides pour que des signes visibles puissent faire constater la présence de l'électricité.

LOIS.

1. — *Les fluides électriques de même nom se repoussent.*

2. — *Les fluides de nom contraire s'attirent.*

3. — *La combinaison des deux fluides de nom con-*

traire sur un corps reconstitue l'électricité neutre sur ce corps.

On démontre ces lois à l'aide du pendule isolé précité.

Un corps est isolé quand il porte sur une assise en verre ou en résine. On nomme *isoloir* ou *isolateur* le bloc de résine ou le tube en verre qui ferme tout passage à l'électricité et qui isole le corps électrisé du réservoir commun, c'est-à-dire de la Terre.

Si l'on approche de la balle de sureau un corps électrisé, la balle s'y précipite, mais elle s'électrise après contact et est immédiatement repoussée.

Si cette même balle est mise ensuite en contact avec la Terre ou avec un objet quelconque à l'état neutre, elle perd son électricité et est de nouveau attirée par le corps électrisé, puis vivement repoussée, comme la première fois, après le contact.

Prenons maintenant un pendule double composé de deux balles de sureau isolées; ces deux balles seront attirées par le corps électrisé, comme dans la première expérience, puis repoussées dès qu'elles l'auront touché.

Ces deux mêmes balles qui ont reçu le même fluide se repoussent mutuellement, si l'on tente de les rapprocher l'une de l'autre. Mais si l'une d'elles est ensuite mise en communication avec un corps

chargé d'un fluide de nom différent, les balles qui se repoussaient s'attireront immédiatement. Ces expériences confirment les lois citées plus haut.

Les noms d'*électricité vitreuse* et d'*électricité résineuse* ont été donnés autrefois aux fluides électriques, pour établir une distinction et pour éviter toute confusion dans l'étude des phénomènes.

Ces noms ont été adoptés à la suite des premières observations.

On avait remarqué, en effet, que si l'on frottait le verre avec de la laine, le verre s'électrisait, et qu'en frappant un gâteau de résine avec une peau de chat, la résine se chargeait aussi de fluide électrique. Mais on constata que les fluides développés sur chacun de ces deux corps n'étaient pas de même nature, puisque deux balles de sureau mises en contact avec le verre électrisé se repoussaient et que le même fait se reproduisait si les deux balles touchaient au gâteau de résine.

Si, au contraire, une des deux balles touchait au verre et l'autre à la résine, les deux balles se précipitaient l'une sur l'autre.

Il était donc évident qu'on était en présence de deux fluides différents. On donna au premier le nom de *fluide vitreux* ou *positif* et le second fut nommé *fluide résineux* ou *négatif*.

Les qualificatifs *vitreux* et *résineux* ne sont plus en usage aujourd'hui et le premier fluide, marqué du signe +, prend le nom de *fluide positif*, et le second, qui a le signe —, s'appelle *fluide négatif*.

Ces observations qu'on aurait pu supposer sans portée ont produit de merveilleux résultats. On peut déduire de ces expériences élémentaires que tout corps dans la nature à l'état neutre porte en lui-même une force inerte et dont l'homme peut tirer un parti énorme, puisque cette force endormie peut être, à volonté, transformée en force chimique ou mécanique sans crainte d'épuisement. Le réservoir commun n'est pas seulement notre planète, mais l'immensité qui nous enveloppe.

Il ne faudrait pas supposer que tel corps produise invariablement un fluide et tel autre corps le fluide contraire. Les deux électricités peuvent, à tour de rôle, être développées sur la même substance.

Le verre frictionné avec la laine et la soie prend l'électricité vitrée, mais il peut développer l'électricité résineuse si la friction est faite avec une peau de chat.

L'électricité neutre est décomposée par le frottement. L'un des fluides se porte sur le corps soumis à la friction et l'autre sur le corps auxiliaire qui sert au développement de l'électricité.

Ce qui revient à dire, dans cette hypothèse qui est celle de Symmer, que les corps à l'état neutre

possèdent des quantités égales d'électricité et qu'un corps est électrisé positivement ou négativement si l'un des deux fluides est en excès.

La quantité libre d'électricité dans un corps électrisé est donc l'excès d'un fluide sur un autre dans ce corps, et le courant serait le résultat des décompositions et des recompositions du fluide neutre.

On peut expliquer encore les phénomènes électriques, en admettant avec Franklin l'existence d'un seul fluide, et dire que tout corps dans la nature renferme dans ses molécules un agent impondérable que nous appelons électricité, et que ce fluide y réside en plus ou moins grande quantité, suivant la nature du corps.

Si, par une cause quelconque, par une action mécanique ou chimique, par exemple, ce corps se charge d'une plus grande quantité de fluide qu'il n'est capable de contenir, ce corps sera électrisé positivement; s'il en perd, au contraire, il sera considéré comme électrisé négativement.

Dans ce cas, le dégagement d'électricité qui s'en échappe, comme étincelle visible ou comme force agissant par courant sur le galvanomètre, s'explique par l'influence que le corps électrisé en plus ou en moins exerce sur le corps neutre qui n'emprisonne que la quantité d'électricité qui lui est dévolue par la nature.

Ces quelques notions sur l'électricité suffiront

pour faire comprendre les opérations que nous aurons à décrire. Nous renvoyons le lecteur aux traités spéciaux de Physique et d'électricité écrits au point de vue de l'enseignement théorique.

Rôle de l'électricité.

On a remarqué que l'électricité jouait un rôle important dans toutes les décompositions chimiques.

Dans les corps binaires décomposés par la pile, un des éléments constituant le corps se porte au pôle positif et l'autre au pôle négatif. On peut donc considérer les corps comme doués de certaines propriétés électriques inhérentes à leur composition intime qui expliqueraient leur affinité.

On les classe suivant leur rôle électrique.

Deux corps mis en contact chimique se chargent, le premier d'électricité positive, et le second d'électricité négative. Les deux électricités, croissant avec la chaleur dégagée par la réaction, se combinent pour former le fluide neutre et produisent avec le corps nouveau résultant de la combinaison les phénomènes de chaleur et de lumière.

Si le corps simple prend l'électricité positive avant la combinaison, le corps est classé comme électro-négatif; s'il prend l'électricité négative, il est considéré comme électro-positif.

Par suite, un corps simple qui, au moment de la décomposition, se porte au pôle positif est consi-

déré comme électro-négatif, et celui qui se dirige vers le pôle négatif est électro-positif.

Les corps simples peuvent donc être considérés comme électro-positifs et électro-négatifs, mais il n'y a rien d'absolu dans ce classement. Un corps électro-positif par rapport à un autre corps peut être électro-négatif, mis en présence d'un troisième.

Inscrivons par ordre :

L'oxygène,
L'or,
Le bismuth,
Le fer,
Le sodium.

L'oxygène est électro-négatif par rapport à tous les corps inscrits à la suite, mais le fer est électro-positif comparé à l'oxygène qui le précède et électro-négatif par rapport au sodium qui vient après.

Ce qui est vrai pour les corps simples ne l'est pas moins pour les composés binaires formés par la combinaison de deux corps simples.

Ainsi les acides sont électro-négatifs, et les composés basiques électro-positifs.

Galvanisme. — Piles.

L'électricité dynamique, qui est la branche la plus riche et la plus féconde des applications scientifiques et industrielles, prend le nom de *gal-*

vanisme. Elle ne laisse qu'une place modeste à l'électricité statique dans le développement des phénomènes électriques.

Le galvanisme tire son nom de Galvani qui constata le premier les effets d'un courant sur les membres inférieurs d'une grenouille.

Toutes les fois que deux corps sont mis chimiquement en contact, il y a dégagement d'électricité. Prenons comme exemple : le zinc et l'acide azotique.

Au moment où la décomposition du zinc commence sous l'attaque de l'acide azotique, le fluide négatif se porte sur le zinc et le fluide positif sur l'acide.

C'est ce principe qui a présidé à la construction des piles.

Une *pile électrique* est un appareil qui dégage constamment des quantités égales de chaque électricité pour remplacer l'électricité positive et l'électricité négative qui s'écoulent dans un corps conducteur en formant un courant. Ce courant s'appelle *courant voltaïque*, et c'est à cet écoulement continu d'électricité que l'industrie doit toutes les applications galvanoplastiques.

Le mot *pile* désignant les appareils qui produisent l'électricité d'une manière continue, vient de la forme donnée par Volta au premier appareil de ce genre dont il fut l'inventeur. Ce savant avait superposé en colonne des rondelles de cuivre

alternant avec des rondelles de zinc séparées par un feutre de grandeur égale, qu'il humectait avec de l'eau acidulée.

L'électricité négative se dégageait du zinc, et l'électricité positive, du cuivre.

Quelles que soient la forme et la construction d'une pile, on nomme *circuit* le développement en fil conducteur que le courant traverse, et *pôles* les points de jonction du circuit. Si les fils qui partent de la pile sont réunis, le courant est fermé; il est ouvert dans la supposition contraire. Circuit et courant ont le même sens dans l'atelier.

Toute pile a deux pôles : le *pôle positif* par où se dégage l'électricité de ce nom, et le *pôle négatif*, qui donne passage à l'électricité négative. Les fils conducteurs ajustés aux pôles et destinés à propager le courant se nomment *réophores* ou plus simplement dans l'industrie *fil positif*, *fil négatif*.

Il faut renoncer, dans un traité de Galvanoplastie pratique, à décrire toutes les piles imaginées depuis l'origine du galvanisme. Le nombre en est considérable et les résultats obtenus eu égard à l'électricité de quantité qui nous sera seule utile, n'égalent pas ceux qu'on obtient par l'emploi de la pile de Daniell et de la pile de Bunsen.

On peut dire, comme idée générale, que les piles peuvent être divisées en cinq sections :

1° *Les piles à un seul liquide, avec polarisation.*

Telles sont : la pile à auge, la pile de Wollaston.

2° *Les piles à un seul liquide, sans polarisation :*

Piles de Becquerel, de Marié-Davy, de Gaiffe.

3° *Piles à deux liquides :*

Piles Daniell, de Bréguet, de Spencer, de Bunsen, de du Moncel.

4° *Piles à gaz. Piles sèches.*

5° *Piles thermo-électriques :*

Piles de Pouillet, de Becquerel, etc.

Polarisation.

Il est très utile de connaître les réactions qui se passent dans une pile en activité ou au repos. On comprendra mieux alors ce qu'on entend par *polarisation* et *dépolarisation*.

La polarisation est un vice résultant, non pas de la construction plus ou moins bien agencée de la pile, mais des éléments qui entrent dans sa composition.

Une pile qui se polarise perd de sa force à mesure qu'elle travaille et l'intensité du courant diminue rapidement.

Pour décomposer un électrolyte par un courant, il faut que la pile, la batterie ou la machine électrodynamique développe un courant de force suffisante. Un courant insuffisant est, pour ainsi dire, gouverné par l'électrolyte, c'est-à-dire par le bain galvanique tenant en dissolution les sels à décomposer.

Si le courant manque d'énergie, les ions qui touchent aux électrodes ne sont pas assez vigoureusement attirés pour se combiner avec les ions voisins de pôle contraire.

C'est l'attraction des ions d'électricité contraire qui détermine la résistance de l'électrolyte et qui donne naissance à un courant opposé au premier.

C'est ce second courant qui est connu sous le nom de *courant de polarisation* et qui affaiblit le courant principal.

Cette déperdition d'électricité provient du dépôt d'hydrogène qui se fixe sur la lame positive, c'est-à-dire sur le charbon.

Dans la construction d'une pile sans polarisation, il ne s'agit pas précisément d'empêcher le dégagement d'hydrogène, ce qui ne serait pas possible, mais de forcer ce gaz à se combiner chimiquement, à mesure qu'il se produit, avec une substance mise en communication avec la lame positive de la pile.

La substance dépolarisante peut être solide ou liquide.

La pile Leclanché est à substance dépolarisante solide.

La pile à bouteille de Grenet, à substance dépolarisante liquide.

Prenons comme pile à polarisation la pile d'origine, c'est-à-dire l'élément de Volta.

La pile de Volta est composée, avons-nous dit.

d'une série de rondelles de zinc alternant avec une deuxième série de rondelles de cuivre. Une troisième série de rondelles en drap ou en feutre est intercalée entre les deux métaux et le drap est humecté avec un mélange d'eau et d'acide sulfurique.

Il sera facile de se rendre compte des causes de polarisation si nous étudions les réactions qui ont lieu.

Le zinc en présence de l'acide décompose l'eau et se combine avec l'oxygène pour former de l'oxyde de zinc. L'oxyde de zinc se combine à son tour avec l'acide sulfurique et forme du sulfate de zinc. L'hydrogène se dégage. Le cuivre n'éprouve aucune altération chimique apparente.

Il y a ici deux causes bien évidentes de polarisation :

1° L'agglomération de l'hydrogène sur la lame de cuivre ;

2° La décomposition du sulfate de zinc avec dépôt de zinc sur le cuivre.

Chacun de ces accidents produit une force contraire et un courant dérivé inverse de celui de la pile qui perd sa force à bref délai.

Cette pile est de plus entachée d'un vice capital. L'usure du zinc est permanente, que le circuit soit ouvert ou fermé.

C'est ce défaut qu'il faut éviter avant tout dans la construction d'un appareil de ce genre. Il faut,

si l'on n'introduit pas dans la disposition d'une pile une matière pouvant absorber l'hydrogène, prendre au moins des dispositions telles que le zinc, dans l'accouplement d'une batterie, puisse être soustrait sans embarras au contact de l'acide.

Ces accidents ne sont pas à craindre avec les piles de Becquerel, de Marié-Davy, de Leclanché, etc.

Examinons la plus récente, celle de Leclanché, qui est généralement adoptée dans la télégraphie.

Pile Leclanché à substance dépolarisante solide.

La pile Leclanché se compose d'un premier vase en verre, rempli d'eau saturée de sel ammoniaque, dans lequel plonge un cylindre de zinc amalgamé.

On descend au centre du vase en verre un vase poreux, qui est maintenant supprimé, contenant une lame de charbon de cornue. On remplit les parties vides avec un mélange aggloméré composé de:

Charbon	52	parties
Bioxyde de manganèse. . . .	40	»
Bisulfate de potasse.	3	»
Gomme laque	5	»

Ces produits sont portés à la température de 100° et comprimés à la presse hydraulique à 300 atmosphères.

Quand on ouvre le circuit pour mettre la pile en

activité, l'électricité décompose la solution saturée de chlorhydrate d'ammoniaque. Il se forme un oxychlorure de zinc dont la solution dans l'eau est facilitée par le bisulfate de potasse.

L'hydrogène et l'ammoniaque se rendent au pôle ou électrode négative où ils réduisent le peroxyde de manganèse introduit dans la plaque d'aggloméré pour supprimer la polarisation. L'hydrogène se combine avec l'oxygène pour former de l'eau et le peroxyde passe à l'état de sesquioxyde.

Pile de Grenet à substance dépolarisante liquide.

La pile à dépolarisation de Grenet, dont la forme est bien connue et qu'on nomme plus généralement pile à bouteille, est composée d'un vase en verre de forme spéciale.

Formé en boule au centre, le vase se termine par un col droit.

Deux lames de charbon de cornue sont fixés et soudés après galvanisation sur un centimètre, à une platine de métal qui met les deux charbons en communication.

Cette platine est fixée à une pièce de caoutchouc durci qui sert de fermeture à la bouteille.

L'appareil est complété par une lame de zinc amalgamée et isolée des charbons qu'on peut descendre à volonté dans le liquide excitateur.

Ce liquide est composé de 100gr de bichromate

de potasse dissous dans 1^{lit} d'eau bouillante et l'on ajoute 50^{gr} d'acide sulfurique.

On peut remplacer ce liquide et mêler :

Eau	200^{gr}
Bichromate de potasse	18^{gr}
Acide sulfurique	42^{gr}

Le liquide décomposé donne alors une dissolution de sulfate de zinc et d'alun de chrome, et les lames de la pile sont à l'abri de l'hydrogène et du sesquioxyde de chrome, et moins sujettes à se polariser.

Deux bornes sont adaptées au couvercle en caoutchouc durci : l'une communique avec les charbons et forme le pôle positif, l'autre est fixée à un conducteur métallique en contact avec la tige qui porte le zinc. C'est le pôle négatif.

Il suffit de faire glisser le zinc entre les charbons et de l'immerger dans le liquide pour mettre la pile en activité.

Le liquide dépolarisant est la solution de bichromate de potasse.

Ce bichromate est un oxydant énergique. Il fournit abondamment de l'oxygène à l'hydrogène qui se dégage et qu'il transforme en eau. La lame positive est ainsi en partie soustraite au dégagement gazeux.

Si l'on multiplie les éléments zinc et charbon. cette pile en batterie donne un courant très in-

tense, mais sans durée, ce qui prouve que la dépolarisation laisse beaucoup à désirer.

On a, mais sans grand succès, essayé de corriger ce défaut en introduisant de l'air dans la bouteille.

Nous emploierons constamment la pile de Bunsen dans ces leçons d'Électrolyse. On accorde à peu près le même mérite à la pile de Daniell et à celle de Callaud.

Nous dirons à la fin l'importance de la machine Gramme.

Pile de Daniell.

La pile de Daniell, qui diffère peu de l'élément Becquerel, a été modifiée de bien des manières.

Le modèle adopté aujourd'hui rend des services signalés, car cet appareil peut fonctionner six mois sans interruption de courant. Voici les dispositions à prendre et les éléments de la pile à ballon de Bréguet.

L'appareil est composé d'un premier vase en verre rempli d'eau acidulée au dixième par l'acide sulfurique. On introduit un cylindre de zinc dans le récipient en verre et l'on descend, dans le milieu du cylindre en métal, un vase poreux rempli d'une solution saturée de sulfate de cuivre, dans laquelle on introduit une lame du même métal.

On suspend un ballon rempli d'eau et de sulfate

de cuivre au-dessus du vase poreux. Le ballon est supporté par un bouchon qui porte sur les rebords du vase en verre.

Le col du ballon, qui correspond au centre du vase poreux, est fermé par un bouchon de liège traversé par un tube de verre percé de deux ouvertures, dont l'une est placée vers le centre du ballon.

C'est cette issue qui livre passage au liquide saturé et qui l'amène dans le vase poreux.

L'autre ouverture est pratiquée en dehors du bouchon qui obture le ballon pour livrer accès à l'air.

Le but des deux compartiments qui séparent les deux liquides est, comme dans la pile de Bunsen, d'empêcher la polarisation.

Grâce à cette disposition, on interpose entre le cuivre et le zinc un liquide qui n'attaque pas sensiblement le premier métal, puisque le cuivre est à peine entamé par l'acide sulfurique pur, mais qui peut cependant fournir assez d'oxygène pour détruire l'hydrogène qui se porte sur le métal négatif.

Par suite de cette disposition, le zinc ne se porte pas sur le cuivre comme dans la pile à colonne, et l'hydrogène qui sort du diaphragme est absorbé en réduisant la solution de sulfate de cuivre. Le courant est donc constant, puisqu'il ne peut pas y avoir de polarisation.

La durée du fonctionnement est assurée par les cristaux de sulfate de cuivre renfermés dans le ballon, qui tiennent la solution de cuivre du vase poreux saturée.

Appareil simple ou auge à décomposition.

L'appareil simple, qui fonctionne d'une seule pièce et qui sert à la fois de bain et de pile, ne diffère en rien de l'élément de Daniell.

Il est en usage dans tous les genres de Galvanoplastie, et nous aurons l'occasion d'en reparler.

Il se compose d'une cuve en bois garnie de gutta-percha, qu'on peut remplacer par un vase ordinaire de grès ou de porcelaine.

On introduit un nombre de vases quelconque dans l'auge, suivant l'importance et les dimensions de la pièce à reproduire.

Les lames de zinc qui plongent dans les vases poreux sont reliées entre elles et forment le *réophore négatif.*

Le bain lui-même est le *réophore positif.*

On suspend à la traverse métallique qui relie les zincs les moules en gutta-percha rendus conducteurs par une friction à la plombagine ou autrement, comme il sera dit. Le circuit extérieur n'existe pas en quelque sorte, on ne fait usage que du courant intérieur.

Pile Callaud.

La pile Callaud ne diffère de la pile Daniell que par la suppression du vase poreux. Les deux liquides qui font partie intégrante de l'élément ne sont séparés que par la différence de densité.

Il comprend un vase en verre dans lequel on descend une lame de cuivre enroulée en spirale. Le cuivre est soudé à un fil de même métal recouvert de gutta-percha ou renfermé dans un tube de verre qui s'élève du fond jusqu'en dehors du vase et qui forme le pôle positif.

On suspend ensuite dans le verre une couronne de zinc amalgamé, qui ne descend qu'au tiers de la hauteur du vase et qui est maintenu par trois crochets. La lame de cuivre soudée au zinc est le pôle positif de l'appareil.

On charge la pile en versant, avec un entonnoir, une quantité d'eau suffisante pour remplir la moitié du verre, et on verse enfin, avec le même entonnoir, dont le prolongement doit porter sur le fond du vase en verre, une solution de sulfate de cuivre qui, par sa densité, fait remonter l'eau dont elle prend la place. Les deux liquides restent exactement superposés. Le cuivre baigne dans la solution de cuivre et le zinc dans l'eau acidulée.

L'eau peut être remplacée par une solution étendue de sulfate de zinc.

La pile Callaud est employée couramment dans les lignes télégraphiques et dans les ateliers de Galvanoplastie.

Pile de Bunsen.

La pile de Bunsen, qui est, sous tous les rapports, l'élément le plus utile et le plus généralement employé en Galvanoplastie, a subi, comme tous les appareils qui ont une valeur reconnue, de nombreuses modifications tendant à pallier certaines imperfections qui dérivent le plus souvent des causes qui établissent leur supériorité.

Malgré l'usure considérable du zinc et des émanations délétères de l'acide azotique, la pile de Bunsen marche en première ligne.

On peut se soustraire aux vapeurs nitreuses en montant l'appareil en dehors de l'atelier, où l'on amène les fils conducteurs, ou en versant dans chaque vase poreux d'une batterie 1cc ou 2cc d'huile commune. Ce corps gras ne nuit pas à la force dépolarisante.

Cette pile doit être adoptée de préférence à toute autre quand on cherche un courant énergique, si l'on ne dispose pas d'une force motrice pouvant actionner une machine électro-magnétique.

Jusqu'à ce jour, ce sont les batteries formées par le couplage des éléments de Bunsen qui ont servi à la production de la lumière électrique, et

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSITAIRE

aussi longtemps que l'électricité ne sera pas distribuée à domicile comme le gaz, l'eau et l'heure, la pile de Bunsen restera, pour le galvanoplaste et le doreur, l'instrument indispensable à leur industrie.

Un élément de Bunsen se compose d'un vase en grès de forme arrondie qui reçoit un cylindre de zinc creux et solidement amalgamé. Ce point est important.

On place un vase poreux dans le creux du zinc et un prisme en charbon de cornue dans le vase poreux.

Les liquides excitateurs sont l'eau acidulée au dixième par l'acide sulfurique et l'acide azotique sans addition d'eau.

Deux pinces en cuivre, dont le point de contact doit être exempt d'oxyde, car les oxydes sont mauvais conducteurs, sont fixées, l'une sur le charbon et l'autre sur la lame de cuivre qui doit être rivée ou soudée au cylindre en zinc, si l'on n'a pas une prolonge spéciale en cuivre qui permette de fixer la pince sur le zinc même et qui se prête au couplage des éléments en batterie.

Pour avoir un courant d'intensité, c'est-à-dire de force chimique, on relie ensemble les zincs d'une part et les charbons de leur côté communiquent entre eux.

On a un courant de tension en établissant le contact du zinc qui précède au charbon de l'élé-

ment qui suit. Le dernier zinc de la série est le pôle négatif et le dernier charbon le pôle positif de la batterie.

Dans les travaux spéciaux de Galvanoplastie et dans les recherches, la manipulation d'un bain électrisé par une batterie de trente éléments est très incommode. Les étincelles qui s'échappent des conducteurs fatiguent l'opérateur, qui, malgré ses précautions, n'est pas toujours à l'abri du choc des étincelles. Nous nous en sommes aperçu dans certaines recherches qui nous étaient confiées par l'industrie.

Mais en dehors de la production de la lumière électrique, il est rare qu'on mette autant d'éléments en batterie.

Après le travail, la batterie doit être démontée. Les zincs sont lavés à grande eau et l'eau acidulée n'a plus d'emploi. Le sulfate de zinc dissous, qu'on pourrait recueillir par l'évaporation du liquide, est une valeur négligeable. On réunit les vases poreux dans une cuve en grès à demi remplie d'acide azotique qu'on ferme hermétiquement. L'acide des vases poreux y perd moins en degrés. Il peut être employé dans un second chargement en l'avivant avec une quantité égale d'acide neuf.

Pour amalgamer promptement et sans fatigue, les zincs lavés sont plongés dans un bain de bisulfate de mercure dissous dans l'eau acidulée avec un dixième d'acide sulfurique.

Tout élément d'une batterie en activité dont le zinc bouillonne outre mesure sera enlevé immédiatement. On peut être certain, sans inspection, que l'amalgame n'est pas suffisant.

L'eau acidulée du vase en grès serait en très peu de temps saturée de sulfate de zinc et le courant ne tarderait pas à faiblir. Le même accident se produirait si, par défaut de nettoyage ou d'assemblage, un des contacts de la batterie n'était pas exactement établi.

On trouvera à l'*Appendice* des renseignements nouveaux sur les plus récentes inventions concernant les piles.

CHAPITRE II.

EFFETS DES COURANTS.

Une pile ou plusieurs éléments accouplés peuvent être assimilés à une bouteille de Leyde. La décharge d'une batterie de bouteilles de Leyde est un courant instantané, et un courant dérivant de la pile ou d'une machine dynamo-électrique est un courant continu dont les réophores servent d'écoulement aux deux électricités, développées dans la pile à mesure que les deux fluides se transforment en force chimique, mécanique ou lumineuse ou qu'ils se recombinent en pure perte pour reconstituer l'électricité latente des corps neutres.

Les courants se manifestent par des effets d'ordres différents.

Ces effets, suivant les phénomènes qui se produisent, sont connus sous les noms d'*effets mécaniques*, *calorifiques*, *lumineux*, *physiologiques* et *chimiques*.

Le plus important des effets mécaniques est

l'action du courant sur les aimants, dont il sera parlé dans ces préliminaires.

L'influence des courants sur les aimants a donné lieu à plusieurs applications. Le fonctionnement des sonneries électriques des machines électro-magnétiques du télégraphe moderne dérivent de ce principe.

Les effets calorifiques sont surtout apparents quand le courant suit un fil conducteur. Ce fil, suivant sa section ou sa longueur, s'échauffe, rougit, fond, se volatise.

Un courant intense peut fondre le fer, l'argent, l'or et les métaux les plus réfractaires, comme le palladium. Le platine même, qui est le moins fusible de tous les métaux, ne résiste pas à un courant énergique.

Il existe une étroite corrélation entre les effets calorifiques des courants et les effets lumineux, qui se manifestent par le jaillissement d'étincelles entre les conducteurs mis en présence et par l'incandescence d'un fil métallique ou d'un fragment de charbon, placé dans le circuit et produisant une lumière éclatante.

Depuis la construction des machines dynamo-électriques qui fournissent des quantités d'électricité plus commodément et plus économiquement que les batteries de Bunsen, on s'est servi des courants pour des applications nouvelles et d'une grande portée : la lumière électrique, la lumière

Jablochkoff, la lampe-soleil, lampe Édison, les fourneaux électriques en sont la preuve.

La lumière électrique est produite par l'arc voltaïque, qui se manifeste entre deux baguettes de charbon taillées en pointe et rapprochées l'une de l'autre et qui sont actionnées chacune par un des deux fluides.

Des appareils spéciaux, nommés régulateurs; tels sont ceux de Foucault et de Serin, maintiennent à la distance voulue les deux charbons qui, brûlant inégalement, ne seraient bientôt plus en contact et s'écarteraient trop l'un de l'autre.

Dans la bougie Jablochkoff, les deux charbons fixés parallèlement l'un à l'autre sont séparés et maintenus par une couche isolante de kaolin. Le kaolin supprime le régulateur, dont il remplit les fonctions et force les deux charbons, qui sont toujours placés à égale distance l'un de l'autre, à brûler également.

La lumière-soleil et la lampe Édison produisent la lumière électrique, la première, par l'incandescence d'un fil de platine, et la seconde, par l'incandescence d'un fragment de charbon spécial. La pression des gaz et des milieux où l'étincelle se produit influent sur les effets obtenus. Il faut moins d'électricité pour produire une étincelle d'une longueur déterminée dans les gaz raréfiés qu'à l'air libre, et, par suite, l'incandescence produisant la lumière exigera moins de courant dans

l'œuf électrique des deux lampes précitées. La raréfaction des gaz ne peut être cependant poussée qu'à une certaine limite. Davy a démontré que l'électricité ne se propagerait pas dans le vide parfait.

Les courants induits produisent des effets lumineux variés et très remarquables dans l'œuf électrique. Geissler en a fait l'application dans les tubes qui portent son nom. Ces tubes, mis en communication avec les deux conducteurs de la bobine de Ruhmkorff, s'éclairent de couleurs différentes, suivant la raréfaction de l'air et des gaz qu'ils renferment et la nature des oxydes qui entrent dans la coloration du verre.

Si ces tubes renferment de l'air atmosphérique, la lueur est purpurine. Les hydrogènes carbonnés donnent des tons verdâtres et blanchâtres.

Ces colorations variées des tubes de Geissler peuvent être observées dans l'étincelle électrique éclatant à l'air libre sous l'influence du courant direct, quand la réunion des deux fluides a lieu entre les réophores terminés par des métaux de même nature ou des métaux différents, suivant les observations de Wheatstone, de Fusinieri, de Masson et de E. Becquerel.

Le spectre du zinc et du cadmium donnent des raies rouges, et celui des alliages participe à la coloration inhérente à chacun des deux métaux. Le cuivre produit des raies vertes, l'antimoine des lignes d'un blanc éclatant.

On retrouve ces mêmes colorations dans les métaux et dans les sels des métaux employés en pyrotechnie pour colorer les jets de feux d'artifice ou les étoiles des chandelles romaines et des fusées volantes.

Il est donc certain que la lumière électrique emprunte son éclat en partie aux particules des éléments qui terminent les conducteurs, c'est-à-dire à la matière pondérable.

La lumière électrique a les propriétés du rayon solaire. Elle est actinique au même degré et, dans ces dernières années, la Photographie a su en tirer parti. Le photographe peut remplacer la lumière du soleil par cette lumière factice.

On nomme *physiologiques* les effets singuliers produits par le courant sur les corps morts ou vivants.

Les muscles d'un animal mort se contractent quand ils sont mis en communication avec le courant. La médecine s'est emparée des courants d'induction, qui ont donné des résultats pratiques dans une foule de cas pathologiques, par les secousses graduées imprimées à l'organisme, produites par les appareils électro-médicaux résultant de l'arrêt subit et de la reprise du courant.

Mais c'est surtout par les effets chimiques que les courants peuvent être considérés comme des auxiliaires sans équivalents pour la science et pour l'industrie.

Tous les oxydes, à l'exception des oxydes terreux, sont décomposés sous l'influence de la pile. L'oxygène se porte au pôle positif et le métal au pôle négatif.

Mais, comme les fluides de même nom se repoussent et comme les fluides de nom contraire s'attirent, on considère comme positif l'élément qui se dirige vers le pôle négatif et réciproquement.

Quand le métal peut s'amalgamer, on facilite la décomposition de l'oxyde en se servant de mercure. On forme l'oxyde en capsule et l'on remplit le creux de mercure, après avoir humecté le corps à décomposer.

On place la capsule sur une plaque de métal reliée avec le pôle positif d'une pile. Le pôle négatif communique avec le mercure. On obtient en peu de temps un amalgame qui donne par distillation le métal qui était combiné avec l'oxygène.

La pile décompose tous les chlorures, le chlore, élément négatif, se rend au pôle positif et le métal au pôle négatif.

Le courant décompose aussi tous les sels ternaires en dissolution dans l'eau. Quand l'acide et la base sont stables, il y a simple séparation. L'acide se rend au pôle positif et la base au pôle négatif. Mais si la base est un oxyde facilement réductible, la base elle-même est décomposée. L'oxygène avec l'acide du sel se dirigent vers le

pôle positif, et le métal se dépose au pôle négatif et s'y fixe avec adhérence. C'est le principe même et la théorie de la Galvanoplastie. La décomposition des sels par la pile n'est possible qu'autant que le courant émet, pour désunir les molécules, une quantité de chaleur égale à celle que la force de cohésion a dépensée pour les unir.

Expliquer comment le courant développe cette chaleur et la transmet aux bains est un problème encore à résoudre. Cette chaleur ne peut même être appréciée qu'approximativement.

La chaleur et l'électricité ne sont pas des substances, mais le résultat de mouvements vibratoires ou le résultat d'une force particulière imprimée au fluide universel qui n'est pas la matière, puisqu'on est forcé d'admettre qu'il y a deux éléments distincts dans la nature : l'un tangible affectant tantôt la forme fluide et solide, tantôt l'état gazeux, et l'autre intangible, impondérable, produisant les phénomènes de chaleur, de lumière et d'électricité : trinité chimique qui est une même force, mais dont les effets ne sauraient exister, ni se manifester isolément. Les sciences naturelles ont leurs mystères comme les croyances. Ces trois forces qui n'en sont qu'une ont cependant des propriétés individuelles, ou, pour mieux dire, nous donnons des noms différents à une même entité, suivant la forme de sa manifestation pour faciliter l'intelligence des démonstrations.

Il y a une étroite relation entre la chaleur développée et le travail effectif d'une pile, si bien qu'on pourrait conclure *a priori,* si la démonstration ne confirmait pas la loi, que la chaleur du courant égale au moment de la décomposition la quantité de chaleur absorbée par la combinaison.

Joule a prouvé qu'il ne disparaissait de chaleur qu'autant qu'un travail mécanique se produit, et il en conclut que le travail qui disparaît se transforme en chaleur et que la chaleur se transforme à son tour en travail mécanique quand elle est anéantie.

Si l'on observe ce qui se passe dans une auge à décomposition actionnée par une pile Daniell, on acceptera la théorie de Joule par l'évidence des faits.

Dès que le courant est ouvert, la chaleur se développe et le travail mécanique commence. Le métal se porte au pôle négatif, et la désagrégation s'opère dans les molécules des sels de la dissolution.

Si le courant est fermé, la production de chaleur s'effectue dans la pile extérieure au bain, au moment où le travail mécanique s'arrête dans l'auge à décomposition, et si la pile épuisée cesse de fonctionner, la chaleur reprend son rôle pour reformer un courant inverse au premier, entre le cuivre réduit dans le vase poreux et l'oxyde de zinc, et c'est ce courant inverse qui est, comme il a été dit, la cause de la polarisation.

Joule prend pour équivalent mécanique de la chaleur la quantité de travail mécanique qui est produit par une calorie.

Dans l'application à l'industrie des effets produits par une force impondérable, il est nécessaire, pour apprécier les faits, et comme termes de comparaison, de recourir à des unités pratiques se rapportant à l'état des corps tangibles de la nature.

Un corps se manifeste à nos sens par son existence, par ses dimensions et par sa durée de mouvement ou de repos.

Le Congrès international de 1881 a arrêté des unités fondamentales.

Ces unités sont :

1. L'unité de longueur.
2. L'unité de temps.
3. L'unité de matière.

Le système prend le nom de système C.G.S. Il serait difficile de s'entendre et impossible de construire et de perfectionner les appareils pour les amener à produire un travail exigé, si l'on ne traduisait les observations en règles précises et universellement adoptées.

On ne mesure ni au mètre ni au poids un corps impondérable ; ce n'est que par les effets observés du fluide électrique que les unités peuvent être déterminées et fixées afin que le praticien puisse comprendre ce qu'on entend par une unité et ce que cette unité représente.

Comment évaluer autrement :

L'unité de résistance,
L'unité d'intensité,
L'unité de force motrice,
L'unité de quantité, etc, etc.

Le *thermomètre* est un instrument tellement répandu que chacun en connaît l'usage.

Il permet de mesurer la quantité de chaleur qui est, comme l'électricité, un corps impondérable. On met à profit le phénomène de dilatation qui augmente le volume d'une colonne d'alcool ou de mercure et l'on sait positivement et sans crainte de se tromper que la chaleur augmente dans un milieu quand la colonne de mercure s'allonge et qu'elle marque des degrés en plus sur l'échelle.

Il en est de même pour l'électricité, et les unités sont basées sur des observations analogues.

Nous avons dit qu'un des effets les plus remarquables des courants était l'action que les courants exercent sur des aimants et que la construction des appareils électro-magnétiques reposait sur cette propriété singulière.

Avant de nous occuper exclusivement d'Électrolyse, il ne sera pas inutile de savoir ce qu'on entend par *aimant* et de dire quelques mots du magnétisme et de l'électro-magnétisme qu'il serait bon d'étudier dans les ouvrages spéciaux, puisque, dans un temps qui n'est pas loin de nous, la Galva-

noplastie n'emploiera comme source d'électricité que les machines électro-magnétiques.

Le galvanoplaste intelligent, obligé de diriger une machine, doit en connaître le mécanisme et la théorie. Ce n'est qu'à cette condition qu'il en tirera le meilleur parti et qu'il remédiera aux défauts que la machine contracte par suite du travail et de l'usure.

Il sera à même, d'autre part, d'apprécier la valeur d'un système sur un autre et de fixer son choix avec connaissance de cause.

Effets des courants. — Électrodes. — Anions. Cations. — Décomposition de l'eau. — Voltamètre. Théorie probable de l'Électrolyse.

Le nom d'*Électrolyse* a été donné par Faraday à la décomposition par le courant.

Le courant circule toujours dans le même sens. Il va du zinc au cuivre dans les solutions et dans les conducteurs du cuivre au zinc.

Considérés par rapport au courant, tous les corps sont divisés en trois classes :

Les conducteurs,
Les électrolytes,
Les corps diélectriques.

Les *conducteurs* sont les métaux, les alliages, les sulfures, les peroxydes, le charbon, etc.

Ils conduisent le courant sans être décomposés.

Les *électrolytes* sont les liquides. Ils conduisent le courant et sont décomposés.

Les corps *diélectriques* sont les substances auxquelles on a donné le nom de mauvais conducteurs dans l'électricité statique.

Ce sont les gaz, les vapeurs, les essences, etc.

On appelle *électrodes* le point d'entrée et le point de sortie du courant.

L'*anode* est l'électrode par lequel le courant entre dans le bain.

La *cathode* est l'électrode par lequel le courant en sort.

Dans le passage du courant, les produits de la décomposition chimique qui se portent à l'anode ou pôle électro-positif se nomment *anions*.

Les produits qui se dirigent vers le pôle électro-négatif sont désignés par le mot *cations*.

L'anion est le radical électro-négatif.

Le cation est le radical électro-positif.

La décomposition de l'eau donne l'unité du courant.

On prend comme unité le courant qui peut décomposer 0gr,009 d'eau en une seconde, ce qui revient à dire qui peut dégager 0gr,001 d'hydrogène.

L'appareil qui sert à mesurer l'intensité d'un courant se nomme *voltamètre*.

Cet appareil se compose d'un vase en verre dont le fond est percé. On fait passer par les deux ouvertures deux fils de platine fixés au mastic pour fermer les issues. Ces deux fils qui s'élèvent dans le verre à quelques centimètres de hauteur sont recouverts, au moment de l'expérience, par deux tubes gradués. Deux bornes communiquant avec les fils de platine établissent le contact avec les conducteurs de la pile.

Au moment où le courant est fermé, le vase en verre étant rempli d'eau acidulée à $\frac{1}{16}$ d'acide sulfurique, on aperçoit une multitude de bulles de gaz qui se produisent sur les deux fils de platine, et si les gaz sont recueillis et mesurés dans des tubes gradués posés sur les fils de platine, on reconnaîtra que le gaz qui se porte au pôle positif est le gaz oxygène, tandis que l'hydrogène se rend au fil négatif. On constatera en plus que l'hydrogène est en volume double.

Ces deux gaz introduits ensuite dans l'eudiomètre se combinent et forment de l'eau si l'on fait passer une étincelle électrique dans l'appareil.

Le voltamètre est le point de départ des applications de l'électricité à l'analyse des corps et à la décomposition des sels. C'est à l'aide de cette force énergique que les molécules qui échappaient à la division mécanique peuvent être maintenant isolées chimiquement.

Si l'on ignore la cause qui détermine le courant,

on ne connaît pas mieux le pourquoi de son action chimique.

L'Électrolyse, c'est-à-dire la décomposition des sels par l'électricité n'est basée que sur de pures suppositions, quoique reposant sur des faits certains et incontestables.

Les lois du travail chimique ont été fixées par Faraday.

On admet généralement, avec Clausius, que la matière formant les mondes est l'union intime de molécules infiniment petites et que ces molécules sont elles-mêmes composées d'atomes.

Les molécules sont, par conséquent, composées et les atomes dérivent de corps simples dans un état tel de division que l'imagination et la Science ne le peuvent concevoir.

Dans les corps composés, les atomes sont les uns électro-positifs, les autres électro-négatifs.

Les molécules, dans les corps solides, ne pouvant pas se déplacer, n'ont qu'un mouvement de vibration locale. Les lois de cohésion et d'affinité les unissent sans leur permettre de se déplacer.

Dans les liquides, les molécules se meuvent en liberté, libres de toute loi qui les force à reprendre leur place primitive quand ils s'en sont écartés.

Dans les gaz, les molécules circulent et tourbillonnent dans tous les sens et se portent en toute liberté, avec une indépendance sans limite

sur tous les points du vase qui les retient. Il n'y a plus trace d'attraction mutuelle ni de sélection.

Mais cette liberté d'action, de mouvement, d'attraction qui paraît désordonnée puisque la loi qui la régit certainement nous échappe comme le principe de vie et de force, se trouve tout-à-coup enrayée, réglée par l'énergie électrique, et les atomes de même nature constituant les liquides où l'observation est précise, prennent sous l'influence du courant une direction. Il y a sélection, rapprochement, union. Les atomes d'hydrogène, qui, par des forces autres que l'électricité, ne pouvaient être séparés des atomes d'oxygène, se réunissent et se dirigent groupés ensemble vers le pôle négatif tandis que les atomes d'oxygène, formant un second groupe distinct, s'orientent et se rendent au pôle positif.

Boussoles. — Galvanomètres.

Nous ne décrirons pas les appareils qui sortent de notre cadre. Nous en parlerons cependant parce qu'il est utile de les connaître. Nous en indiquerons seulement l'usage et le but à moins qu'ils ne soient très simples de construction.

Les figures sont impuissantes à donner l'idée même à peu près exacte d'une machine quelconque si l'appareil comporte trop de complication.

L'étude des machines et des instruments d'électricité doit se faire dans les conservatoires et dans les usines.

Quelques minutes d'inspection équivalent à la lecture de dix volumes embrouillés par des figures descriptives.

Les *boussoles* et les *galvanomètres* servent à mesurer l'intensité des courants.

La boussole est un barreau aimanté soumis à l'attraction polaire. Ce barreau aimanté est influencé par le courant galvanique quand il entre dans le courant et même quand il en est rapproché.

Cet instrument porte le nom de *boussole de déclinaison* si l'on considère l'aiguille par rapport à l'angle qu'elle forme avec la longitude du lieu, et *boussole d'inclinaison* si, montée sur un cadran vertical, elle sert à mesurer l'angle que forme l'aiguille avec l'horizon.

La partie du barreau aimanté qui se dirige vers le Nord prend le nom de *pôle boréal*. Le côté opposé se nomme *pôle austral*.

Ces appareils donnent des indications rapides et suffisantes pour la direction des bains et pour en régler le bon fonctionnement. Mis en communication avec le courant qui les traverse, le galvanoplaste est fixé sur la valeur du courant.

Par le déplacement brusque de l'aiguille, qui s'écarte plus ou moins de sa position normale, le

praticien sait si le courant faiblit ou s'il augmente. Connaissant d'avance l'angle sur lequel il doit règler son travail, il l'augmente ou le diminue, suivant le cas.

Le galvanomètre de Nobili sert à la direction des courants faibles.

On emploie la boussole des tangentes pour apprécier les variations des courants intenses.

CHAPITRE II.

MAGNÉTISME

Les anciens appelaient μάγνης l'oxyde de fer noir qu'ils tiraient des mines de fer situées près de la ville de Magnésie (d'où le nom de *magnétisme*) et qui a la propriété d'attirer le fer, le nickel, le cobalt et le chrome.

Le minerai de fer qui exerce cette action sur ces métaux est le fer oxydulé des chimistes et des minéralogistes.

Cette propriété d'attraction peut être communiquée au fer forgé qu'on désigne sous le nom de fer doux dans les ateliers de l'électricien, pour le distinguer de l'acier. Le fer doux prend l'aimantation par l'influence d'un aimant ou d'un courant, mais il la perd en peu de temps ou instantanément si la force attractive lui a été communiquée par un courant.

L'acier, qui est une combinaison de fer et de carbone, peut être aussi aimanté, mais il conserve la

propriété d'attirer le fer. Il ne perd ensuite son pouvoir magnétique que lorsqu'il est chauffé au rouge blanc.

Mais il faut, si l'on veut que l'acier conserve sa force d'attraction, lui faire subir l'opération de la trempe.

La trempe communique à l'acier une dureté telle qu'il peut, suivant la méthode suivie, rayer tous les corps à l'exception du diamant.

Le plus haut degré de capacité de saturation, par rapport au fluide magnétique, est donné à l'acier par la méthode suivante :

On le recuit à une température de 300 degrés et, après avoir été plongé dans l'eau froide, le métal est mis à refroidir dans un bain d'huile bouillante. La trempe, qui rapproche brusquement les molécules de l'acier, peut être considérée comme un martelage chimique. La durée de l'aimantation du barreau est en raison de la finesse, de la blancheur, du mat et de l'égalité du grain de l'acier, ou, en d'autres termes, en raison de sa dureté. Le pouvoir magnétique va en diminuant pendant dix ans, mais sa force d'attraction ne varie plus et se maintient égale après ce laps de temps.

On aimante l'acier par plusieurs procédés : par la simple touche, par la double touche et par la touche séparée.

On trouvera l'explication détaillée de ces méthodes dans les traités de Physique.

Les *substances magnétiques* sont les métaux qui se portent par attraction sur un aimant naturel ou artificiel.

On appelle *diamagnétiques* les substances sur lesquelles l'aimant n'exerce aucune action, comme le plomb, la cire, etc.

On suppose que les corps attirés par l'aimant possèdent les deux fluides : le fluide boréal et le fluide austral. Il est admis que le magnétisme, comme l'électricité, est la combinaison de ces deux fluides.

LOIS.

1. *Les fluides de même nom se repoussent.*
2. *Les fluides de nom contraire s'attirent.*
3. *Les répulsions et les attractions sont en raison inverse du carré des distances.*

La limaille de fer projetée sur un barreau aimanté se porte et s'attache aux deux extrémités du barreau. Le milieu du barreau n'exerce aucune attraction sur la limaille.

On donne le nom de *pôles* aux deux extrémités du barreau. Le milieu où il ne se manifeste aucune trace d'attraction est connu sous le nom de *ligne neutre*.

La théorie du magnétisme est la même que celle de l'électricité statique et dynamique.

En effet, dans le barreau aimanté l'attraction se

manifeste aux deux pôles, et la partie centrale ou la ligne neutre n'a pas d'action sur la limaille. On pourrait supposer, d'après ces observations, que l'aimantation n'existe pas dans toute l'étendue du barreau. C'est cependant le contraire qui est vrai. Si ce barreau est divisé en tronçons, chaque tronçon est transformé en aimant complet avec sa ligne neutre et ses pôles.

On peut donc supposer, pour affirmer la théorie, que le fluide boréal et le fluide austral sont en lutte d'attraction et de répulsion sur chaque molécule de l'aimant et que, par suite de la division du barreau, les fluides se séparent et prennent chacun la direction du pôle de la Terre de nom contraire, obéissant à une loi semblable à celle qui régit les courants et qui entraîne l'oxygène, dans la décomposition de l'eau, vers le pôle positif et l'hydrogène vers le pôle négatif.

Action de la Terre sur les aimants.

Quand on suspend un barreau aimanté par un fil en lui laissant toute liberté de se mouvoir dans tous les sens, cet aimant se met en croix avec l'équateur terrestre. Un des côtés se trouve vers le Nord et l'autre vers le Sud, et il reprend cette direction après quelques oscillations, si on le place dans une autre direction est ou ouest.

Cette orientation forcée est due à l'attraction de la Terre qui est considérée comme un vaste aimant dont les centres d'attraction sont placés, l'un au pôle nord et l'autre au pôle sud.

Une aiguille aimantée libre sur un pivot est soumise comme le barreau à l'influence magnétique de la Terre. Mais d'après les lois d'attraction et de répulsion, on considèrera comme pôle austral la pointe qui se dirige vers le Nord, et comme pôle boréal la pointe qui indique le Sud.

CHAPITRE IV.

ÉLECTROMAGNÉTISME

Les actions réciproques des aimants sur les courants et des courants sur les aimants, l'ensemble des observations qui s'y rapportent et les lois qu'on en a déduites portent le nom d'*électromagnétisme.*

Les phénomènes électro-magnétiques ont donné naissance à une foule d'applications scientifiques et industrielles dont la série à peine commencée n'est pas près de finir. On doit y rapporter le télégraphe électrique, la bobine de Ruhmkorff, le téléphone, le microphone, les machines électromagnétiques.

Notre cadre ne nous permet pas de nous occuper de ces questions, nous nous bornerons à parler des machines électromagnétiques.

On nomme *électromagnétiques* ou *dynamo-électriques* les machines qui peuvent produire un courant voltaïque semblable à celui que nous

avons étudié en parlant de la pile de Daniell et de la pile de Bunsen et que la grande industrie emploie dans la décomposition des bains galvaniques, soit en Galvanoplastie, soit en électro-métallurgie.

C'est le physicien Pixii qui a ouvert la voie, Clarke a perfectionné l'appareil de Pixii, et Gramme et le constructeur Siemens ou, pour mieux dire, Hefner von Alteneck, ont achevé l'œuvre, apportant les derniers perfectionnements à ces appareils, dont la supériorité sur les piles a été constatée et qui fonctionnent aujourd'hui dans tous les ateliers importants en France et à l'étranger. Ces appareils, du reste, sont modifiés tous les jours, ils portent différents noms, mais, au fond, ils diffèrent peu de la machine Gramme.

Expériences d'Œrstedt.

Œrstedt observa le premier, en 1820, l'action des courants sur l'aiguille aimantée.

Si l'on dispose parallèlement un fil métallique au-dessus et au-dessous d'une aiguille aimantée, cette aiguille dévie de sa première position quand on fait passer un courant dans le fil métallique. Après avoir fait de nombreuses oscillations autour d'une nouvelle position d'équilibre, elle finit par se mettre en croix avec le courant.

C'est évidemment le courant voltaïque qui produit ce changement de position, puisque l'aiguille aimantée reprend sa direction normale dès que le courant est interrompu.

Le courant est toujours considéré comme allant du pôle positif de la pile + P que nous considérons comme le côté gauche, pour se diriger vers le pôle négatif — N qui sera le côté droit.

$$+P \overset{N}{\text{———————}} \overset{S}{\text{———}} -N.$$

Pour comprendre les lois qui suivent et pour se rendre compte de la construction et du fonctionnement des appareils dynamo-électriques, il faut tenir compte de la direction du courant.

Le courant peut marcher de gauche à droite ou de droite à gauche par rapport à l'aiguille aimantée.

Si nous coupons en face de l'aiguille le fil conducteur dont les extrémités sont reliées aux pôles de la pile et si nous remplaçons la partie du fil supprimée par une lame de cuivre, cette lame sera le prolongement du courant quand on y aura ajusté à gauche et à droite les fils partant de la pile.

Si le fil positif est fixé au point + P qui représente le côté gauche de la lame, et le fil négatif au point — N, le courant ira de gauche à droite, mais si nous déplaçons le fil positif P pour le fixer à

droite au point N, le courant renversé marchera de droite à gauche.

Il y aura, il est vrai, croisement de fil, mais cette disposition n'empêchera pas le courant, dans le second cas comme dans le premier, de suivre sa direction normale, c'est-à-dire de marcher du pôle positif au pôle négatif.

Lois de déviation.

Reprenons la même ligne

S ——— A ——— N
B

Si l'observateur se place dans la direction parallèle à la ligne S N, la gauche sera représentée par A et la droite par B; S sera le Sud et N le Nord.

1er *Cas.* — Que le courant passe en dessus ou en dessous de l'aiguille aimantée, s'il se dirige du Sud au Nord, le pôle austral de l'aiguille sera dévié à gauche, à l'Ouest.

2e *Cas.* — Si c'est un courant se dirigeant du Nord au Sud, en sens contraire du premier, en dessus ou en dessous de l'aiguille aimantée, le pôle austral sera dévié à droite B, à l'Est, qui deviendra la gauche par rapport au courant.

On voit que le pôle austral de l'aiguille influen-

cée par le courant est toujours dévié à la gauche du courant.

Lois des courants.

USAGE DU GALVANOMÈTRE POUR RÉGLER LE COURANT DANS LES BAINS DE GALVANOPLASTIE.

La propriété reconnue au courant de dévier l'aiguille aimantée a donné l'idée du galvanomètre, qui doit être souvent consulté par le galvanoplaste.

L'appareil se compose de deux aiguilles *astatiques,* c'est-à-dire de deux aiguilles dont les pôles sont opposés l'un à l'autre. Il faut cependant que l'une des deux soit plus aimantée. Ces aiguilles sont suspendues librement, l'une en dessus, l'autre en dessous du fil conducteur enroulé autour d'un cadre en bois armé d'un limbe divisé en 360°.

La déviation de l'aiguille augmente avec la force du courant dans le même appareil dont la longueur de fil enroulé autour du cadre est connue. Au delà de 10°, l'observation pratique n'est plus possible avec cet appareil, le même courant ne marquant pas le même degré sur plusieurs galvanomètres qui auraient plus ou moins de fil enroulé.

Nous conseillons au galvanoplaste de suivre l'exemple du graveur chimique qui construit

un photomètre dont la sensibilité est en rapport avec son travail et de combiner lui-même un galvanomètre à une seule aiguille et d'une sensibilité moyenne, ce qu'il obtiendra en réduisant le nombre de tours du fil conducteur. Il jugera de l'intensité du courant par un seul coup d'œil jeté sur l'appareil.

LOIS.

L'intensité du courant est la même dans toute la longueur du circuit.

Elle est en raison inverse de la longueur du fil conducteur, et plus ou moins grande suivant la section, c'est-à-dire la grosseur du fil.

L'intensité du courant est en rapport direct avec la conductibilité des réophores.

Comme conséquences pratiques de ces lois dans la direction industrielle des courants, le galvanoplaste choisira le cuivre comme métal conducteur. Le cuivre est doué comme l'argent de la plus haute capacité conductrice.

Il emploiera un fil conducteur de $0^m,004$ ou $0^m,005$ de diamètre pour laisser un libre passage au courant.

Dans l'atelier, la longueur des conducteurs a peu d'importance. La distance des piles n'est jamais bien grande.

Mais il faudrait en tenir compte si l'on avait à transporter loin de la source d'électricité la force dynamique des machines électromagnétiques.

Le meilleur galvanomètre et le plus sûr pour apprécier l'énergie du courant et connaître ce qu'il vaut en travail chimique de décomposition est la balance du chimiste Brandely. Nous en parlerons dans le cours de ce livre; mais le contremaître intelligent qui a l'habitude de surveiller les bains et de les remanier au besoin, sait, par la simple inspection de son galvanomètre, quel est le rendement du courant.

Ce qui a été dit de l'attraction des courants sur les aimants s'applique à l'attraction des aimants sur les courants.

Les courants s'attirent ou se repoussent suivant leur direction.

Deux courants parallèles qui marchent dans le même sens s'attirent.

Ils se repoussent s'ils marchent en sens contraire.

Solénoïdes.

On nomme *solénoïde* un fil de cuivre recouvert de soie enroulé en hélice, dont on ramène une partie en ligne droite dans l'intérieur et suivant l'axe de l'hélice. Quand le courant passe, il se

forme dans le solénoïde une série de courants circulaires parallèles qui se dirigent dans le même sens et qui sont égaux.

Si l'on dispose deux solénoïdes, l'un fixe, et l'autre mobile, il y a attraction quand les courants circulent dans le même sens, et répulsion quand ils marchent en sens contraire.

Électro-aimants.

Un *électro-aimant* est composé d'une tige en fer doux en forme de fer à cheval, ou, pour être fixé plus commodément dans la construction de certains appareils, d'un barreau plat de grandeur variable, suivant l'importance de l'électro-aimant. On ajuste deux tiges rondes également en fer doux aux extrémités du barreau. On passe deux bobines creuses en bois ou en cuivre dans les tiges et l'on enroule sur les deux bobines et dans le même sens un long fil en cuivre recouvert de fil de soie. On a observé cependant que le fil nu pouvait suffire et présentait même quelques avantages, surtout sur les bobines destinées aux machines électro-dynamiques qui servent dans l'électro-métallurgie, mais le fil isolé continue à être employé. Le fil de l'une des deux bobines est uni par torsion au fil de l'autre bobine, vers le haut de l'électro, dans la partie fermée. Le double prolongement des deux fils est dans

le bas. Le courant traverse les deux bobines, en y pénétrant par un de ces fils et en sortant par l'autre.

Les deux branches de l'électro s'aimantent au passage du courant, mais cette aimantation n'a pas de durée. Elle disparaît aussitôt que le courant cesse de passer.

Les électro-aimants de fortes dimensions peuvent supporter des poids énormes.

Courants d'induction. — Bobine de Ruhmkorff.

Les courants électriques engendrent d'autres courants. La bobine de Ruhmkorff, qui est un appareil électrique des plus merveilleux, nous servira pour constater que les courants produisent d'autres courants qui ont une direction inverse. Pour construire la machine d'induction de Ruhmkorff, on enroule sur une bobine en bois un premier fil qui prend le nom de *fil inducteur*, de $0^m,002$ de section et d'une longueur de 50^m, et, par-dessus, un second fil beaucoup plus fin et infiniment plus long, qui peut atteindre $1,000^m$ et plus et qui prend le nom de *fil induit*.

L'appareil est monté sur un socle en bois. Un des côtés reçoit l'interrupteur, et l'autre, le commutateur.

Le *commutateur*, qui déplace l'entrée du courant, permet de faire pénétrer l'électricité dans

l'appareil par l'un ou par l'autre des deux fils, et l'*interrupteur*, vulgairement *trembleur*, produit des vibrations rapides *qui interrompent et rétablissent à chaque instant le courant*. Nous n'insisterons que sur ce détail important. Nous ne parlons de cette machine qu'en vue des rapports qui la lient à l'appareil de Pixii, modifié par Clarke, qui a servi de point de départ dans la construction des appareils électro-dynamiques.

Dès que le courant passe dans le fil inducteur, dont les extrémités sont fixées aux pôles d'une pile, un courant inverse et instantané se développe dans le fil induit et se manifeste par des étincelles si l'on rapproche les extrémités du fil induit.

Les interruptions du courant direct sont tellement multipliées qu'on peut considérer ce courant comme continu et, par suite, que le courant induit qui reprend immédiatement quand le premier cesse, quoique interrompu à chaque millième de seconde, se comporte comme le ferait un courant continu.

Machine de Clarke.

C'est l'observation de l'existence des courants induits qui avait suggéré à Clarke l'idée de la machine qui porte son nom. Le mécanisme n'en est pas compliqué.

Cet appareil se compose d'un faisceau d'aimants artificiels fixés sur une base solide.

Un électro-aimant mû par un mouvement de rotation communiqué par transmission tourne devant les aimants.

L'électro-aimant passe donc à tout instant par des états magnétiques contraires. Le courant est intense quand les branches de l'électro sont parallèles aux pôles de l'aimant, et nul quand l'électro-aimant est en croix avec les pôles.

Les courants induits ont les mêmes propriétés que les courants voltaïques pour décomposer l'eau, les oxydes et les sels, et c'est pour cette raison que nous sommes entrés dans quelques détails sur la machine de Clarke.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER.

DÉPOTS MÉTALLIQUES.

Rayon des produits chimiques employés dans l'Électrolyse industrielle.

Eau distillée. Eau de pluie filtrée.
Alcool à 40°.
Éther sulfurique à 62°.
Collodion normal.
Ammoniaque liquide.
Ammoniaque acide acétique. Acide pyroligneux.
Acide azotique (nitrique).
Acide sulfurique.
Acide chlorhydrique.
Acide borique.
Acide benzoïque.
Acide cyanhydrique.
Acide gallique.
Acide phosphorique.
Acide sulfhydrique.
Acide oxalique.

Acétate, tannin, alun de potasse, acétate de cuivre, de plomb, acétate de nickel.
Chlorure d'or, de platine, d'argent, d'étain, de nickel, bichlorure de mercure, perchlorure de fer.
Sulfate double de nickel et d'ammoniaque, sulfate de fer, de cuivre, bisulfate de mercure, de soude.
Sulfate et bisulfate de soude, chlorydrate d'ammoniaque.
Carbonate de soude, de potasse.
Phosphate de soude, de chaux.
Oxyde de plomb (litharge).
Cyanure de potassium cristallisé.
Antimoniure de sodium.
Sulfhydrate d'ammoniaque.
Sulfure de carbone, de potassium.
Tartrate de potasse.
Soude et potasse à l'alcool.
Phosphore.
Sucre interverti.
Ocre rouge, sanguine, potée d'étain.
Coton azotique.

Instruments et accessoires.

Piles, cuves en grès, en verre, en gutta-percha, en bois doublé de plomb.
Baquets, cylindres en zinc, feuilles de cuivre, fils conducteurs en cuivre et en plomb, pinces, anodes en cuivre, en fer, en nickel, en or, en argent, en platine.
Gutta-percha, plâtre à mouler.
Bismuth, plomb, étain, cadmium.
Stéarine, paraffine, blanc de baleine, cire jaune, gélatine, terre glaise, glu marine, huile de goudron.

Benzine, essence de térébenthine, bitume de Judée, gomme-laque brune.
Plombagine, poudres de bronze, sanguine, sciure de bois.
Niveau d'eau, galvanomètre, balances, pinces à travailler les métaux, scies à métaux, précelles, porte-goupilles, limes, ciseaux, tourne-vis, marteaux, soudure, fer à souder, compas.
Brosses à plombaginer, pinceaux, brunissoirs en agate et en sanguine, gratte-boësse en fil de cuivre et en verre filé.
Réchaud à pétrole.
Thermomètres, pèse-sels, pèse-acides.
Entonnoirs, filtres en papier, en feutre.
Tubes de verre, siphons, entonnoirs, agitateurs, spatules en porcelaine, ballons, matras, cornues, cristallisoirs, creusets, capsules en porcelaine, en platine.
Mortier en porcelaine avec pilon, porte-entonnoirs.

Électrolyse industrielle. — Électrolyse scientifique.

L'Électrolyse devient de jour en jour un levier plus puissant dans les recherches scientifiques. Elle permettra, à l'aide des machines électro-dynamiques, de reconstituer dans les fours électriques, à des températures inconnues jusqu'à présent, les corps composés, tels que la nature les a formés.

La Science saisira bientôt les secrets des combinaisons, des agrégations et des cristallisations qui lui échappent.

L'étude de la décomposition par le courant électrique peut être traitée à deux points de vue différents, qui sont :

1° L'Électrolyse industrielle ou la décomposition des sels métalliques pour en extraire le métal, en vue d'un dépôt quelconque sur un autre métal ou sur des corps organiques.

2° L'Électrolyse scientifique, qui traite de l'analyse qualitative et quantitative des métaux, des alliages, des produits métallurgiques, et qui vise les méthodes, qui seront plus tard industrielles, d'isoler à l'état de pureté chimique les métaux moins répandus et moins connus, tels que le potassium, le sodium, le palladium, l'iridium, le gallium, etc.

Nous nous occuperons plus spécialement de l'Électrolyse industrielle, et nous dirons comment les sels métalliques sont décomposés par l'électricité et les applications qui en découlent.

Nous donnerons cependant des notions suffisantes de l'Analyse par le courant quand ces aperçus seront liés au sujet, et nous resterons ainsi dans le cadre de nos livres qui ne s'adressent qu'à l'industrie.

Unités pratiques.

L'*énergie* dans un courant est la quantité de travail effectif que l'électricité produit.

On dit que l'énergie est *potentielle* quand elle ne se révèle que par une cause déterminante, et *dynamique* lorsqu'elle est en activité.

On nomme *potentiel* la force de l'électricité.

Le potentiel est le même entre deux corps réunis par un fil électrique. La force électrique y est en équilibre et aucun mouvement d'électricité ne se manifeste.

L'*intensité* d'un courant est la quantité d'électricité qui traverse la section d'un conducteur donné pendant l'unité de temps qui est la seconde.

L'effort que le courant doit vaincre pour trouver son écoulement par un conducteur se nomme *résistance.*

La résistance d'un conducteur est proportionnelle à sa longueur. Elle est en raison inverse de la section du fil.

La *conductibilité électrique* est l'inverse de la résistance.

Les phénomènes qui se passent sous nos yeux se manifestent toujours avec trois éléments qui sont :

La *matière*, l'*espace*, la *durée.*

Il faut donc pour apprécier les phénomènes électriques :

Une unité de matière pour en déterminer la quantité ;

Une unité de longueur pour comparer les espaces ;

Et enfin une unité de temps pour apprécier la durée du phénomène.

Ces unités, nécessaires pour établir les calculs et pour se rendre compte des forces électriques et pour en apprécier le résultat final, ont été fixées par le Congrès international de 1881.

Ce système a pris le nom de système C. G. S.. centimètre, gramme, seconde. Ces unités théoriques ne sont pas usitées dans l''électricité industrielle.

Les praticiens les ont remplacées par les unités pratiques qui en dérivent.

Les unités pratiques arrêtées par la conférence de 1884, sont : l'*ohm*, le *volt*, l'*ampère*, le *farad*, le *coulomb*, la *dyne*, l'*erg*, le *watt*.

L'*ohm* est l'unité de résistance. Sa valeur est représentée par la résistance d'une colonne de mercure de 1^{mmq} de section et de $1^{m},06$ de longueur à la température de la glace fondante.

L'*ampère* est l'unité d'intensité. La quantité d'argent que le courant dépose par seconde en représente la valeur. Cette quantité est de $0^{gr}00111888$.

Le *volt* est l'unité de force électro-motrice. Il équivaut environ à la force d'un élément de Daniell avec une infériorité de 5 à 10 pour 100.

Le *coulomb* est l'unité de quantité électrique

qui traverse un circuit pendant une seconde. lorsque l'intensité du courant est égale à un ampère, c'est-à-dire capable de déposer 0,00111888 de gramme d'argent en une seconde.

Le *farad* est la capacité d'un conducteur qui, chargé au potentiel de 1 volt, renferme 1 coulomb.

La *dyne* est la force qui, agissant sur l'unité de masse (1^{gr}) lui communique une vitesse de 1^{cm}, au bout de la première seconde.

D'après la loi de la chute des corps dans le vide, le corps acquiert une vitesse de $9^{m},81$ au bout de la première seconde.

La dyne a donc pour valeur $\frac{1^{gr}}{981}$.

L'*erg* est l'unité de travail.

C'est le produit de l'unité de force par l'unité de longueur, soit $\frac{1^{gr}}{981} \times 0,^{m}01 = \frac{1}{98100}$ grammètre. Un kilogrammètre correspond à 100 millions d'ergs environ.

L'équivalent mécanique de la chaleur est de 425, c'est-à-dire qu'il faut un travail de 425^{kgm} pour élever de 1° C. la température de 1^{lit} d'eau.

1 erg sera donc égal à $\frac{1}{98100000 \times 425}$ calories.

Le travail qu'un courant produit s'obtient en élevant les volts au carré et en divisant par les ohms multipliés par 9,81 qui est la valeur de la dyne anglaise.

On remplace ordinairement le nombre fractionnaire 9,81 par le nombre rond 10.

Si une machine, par exemple, fournit un courant avec une force électromotrice de 375 volts à un conducteur d'une résistance de 5 ohms, on aura $\frac{375^2}{5 \times 10}$.

Dépôts métalliques.

Les dépôts métalliques résultant de l'Électrolyse peuvent être divisés en cinq sections.

1. Dépôt de protection sans épaisseur d'un métal plus riche sur un métal moins riche.

HYDROPLASTIE.

2. Dépôt avec épaisseur ou moulage électrique.

GALVANOPLASTIE.

3. Dépôt de reproduction.

ÉLECTROTYPIE.

4. Dépôt de protection avec épaisseur moyenne sur la fonte et sur les substances non conductrices.

GALVANISATION.

5. Dépôt de production.

ÉLECTRO-MÉTALLURGIE.

6. Dépôt chimique sans courant apparent.

Ce classement qui correspond à chacune des

applications industrielles de l'Électrolyse, a l'avantage de fixer les idées et d'indiquer la division claire et naturelle de cette étude en six parties distinctes les unes des autres, mais qui ne traitent au fond que de l'action décomposante du courant électrique sur les sels métalliques.

Dépôts sans épaisseur. — Dorure. — Nickelage. Cuivrage. — Platinage.

Avant d'indiquer la composition des bains et d'en donner les formules, nous croyons utile de dire quelques mots sur les dispositions à prendre pour monter la batterie et pour en assurer le fonctionnement. Nous n'y reviendrons plus dans la suite de ce travail.

Le premier soin est de s'assurer que les zincs sont en état et qu'ils sont convenablement amalgamés.

Dans le cas contraire, on les plonge dans le bain dont la formule suit et dont l'emploi est préférable à celui du mercure métallique.

FORMULE.

Eau	3lit
Bisulfate de mercure	300gr
Acide sulfurique	300gr

On prépare cette dissolution dans un vase en grès dont les proportions permettent l'immersion complète du cylindre de zinc. Le zinc est ensuite lavé à l'eau. Nous conseillons, pour l'entretien

des zincs, de mêler à l'eau acidulée du vase en grès de la pile 10gr ou 12gr du sel de mercure qui est indiqué dans la formule. Les queues en cuivre qui relient les éléments de la batterie seront examinées avec soin après chaque opération. Si elles sont soudées au zinc, les points d'union seront protégés par une couche de vernis au bitume ou à la gomme laque, à défaut de glu marine. La glu marine résiste mieux. On en trouvera plus bas la formule. Ce produit est très utile pour l'entretien des cuves.

Si les appendices en cuivre sont fixés à l'aide de pinces, et nous recommandons les nouvelles pinces de de Combettes qui sont les plus commodes et qui sont adoptées par le ministère de la marine, on avivera à la lime le point de contact des deux métaux pour en retirer l'oxyde qui n'est pas conducteur et qui s'opposerait au passage du courant.

Les charbons réclament aussi quelques soins. Ils sont sujets à se couvrir d'un dépôt blanchâtre d'oxyde de zinc qui polarise les éléments. Ils sont grattés à la lime, et si l'on en a de rechange, on enlèvera de la batterie les vases poreux dont les charbons contractent ce défaut, c'est un indice que ces vases n'ont pas une cuisson suffisante et qu'ils sont trop poreux.

La pile est chargée et couplée en batterie, comme nous l'avons dit en décrivant la pile de Bunsen.

Avant de commencer l'opération, on s'assure

que rien ne contrarie le courant; on prend en main le fil négatif qui est fixé au dernier zinc de la batterie. Il doit exister une étincelle vive quand il est mis en contact avec chacun des charbons des piles réunies. L'élément dont le charbon ne rend pas d'étincelle mérite examen. Il n'est pas en état. On verse ensuite le bain galvanique dans la cuve à décomposition et l'on établit le contact du pôle zinc de la pile avec la pièce destinée à recevoir le dépôt et le pôle charbon avec l'anode.

L'*anode* est une plaque de métal de même nature que le métal de la solution dissous à l'état de sel soluble à moins que, comme il arrive pour certains cas, on ne se serve d'une anode en platine.

Il n'est pas inutile, quand on n'a pas l'habitude d'apprécier les courants par la seule inspection du travail qui se fait dans le bain, d'intercaler un galvanomètre dans le circuit.

Dans les bains acides de Galvanoplastie, quand on emploie une anode soluble de la même nature que le métal qu'on veut réduire, on n'a pas à s'occuper de l'état de saturation du bain. La solution est entretenue par l'anode. Il est prouvé, en effet, que dans un bain de sulfate de cuivre, la cathode se charge ou à peu près d'autant de cuivre que l'anode en perd, si l'on suspend aux deux fils conducteurs deux plaques de cuivre égales en poids et en surface. Il n'en serait pas de même pour les bains alcalins, dont il sera question dans cette

deuxième Partie de l'Ouvrage. L'anode fournirait trop d'oxyde et le bain perdrait ses proportions chimiques, si l'anode présentait trop de surface. On devrait, pour réduire l'oxyde, ajouter continuellement au bain un dissolvant qui serait pour l'argent et le cuivre une solution saturée de cyanure de potassium capable de réduire l'oxyde des deux métaux en sels solubles.

Mais alors, dans le travail industriel, on ne serait jamais sûr de la saturation du bain ni de sa richesse en métal. Il est préférable dans la dorure, dans l'argenture et dans le platinage, de remplacer l'anode par un fil ou par une lame mince du métal à réduire, pour éviter les dépôts pulvérulents qui résultent de trop d'électricité dans un bain pauvre et du manque de courant dans un bain trop saturé.

GLU MARINE.

Résine colophane.	300gr
Gomme laque brune.	300
Huile de goudron.	400

On augmente la dose d'huile et on la porte à 600gr pour avoir le produit à l'état visqueux et tel qu'il doit être employé sur les points de contact.

Dorure.

Nous ne parlerons que de la dorure galvanique dans ce chapitre et nous procéderons de la même manière pour les divers dépôts.

Les autres méthodes seront expliquées dans la troisième Partie qui traitera des dépôts chimiques sans courant apparent.

Les formules des bains de dorure sont très nombreuses. Chaque doreur a son secret comme chaque photographe avait sa formule de collodion avant l'apparition du gélatinobromure.

Ces formules diffèrent peu au fond les unes des autres. Voici celle que nous avions adoptée à l'usine électro-métallurgique d'Haeren et qui nous servait pour la dorure à chaud :

N° 1.	Eau distillée ou de pluie.	10lit
	Chlorure d'or.	30gr
	Cyanure de potassium pur.	90
	Phosphate de soude.	750
	Acide cyanhydrique.	12

Le bain était remonté avec la solution suivante :

Chlorure d'or.	15gr
Eau distillée.	150
Cyanure	30

Quelle que soit la formule adoptée, il faut, dans la préparation des bains, dissoudre au préalable le sel d'or à part dans une quantité d'eau suffisante et verser le cyanure en solution sur le chlorure d'or.

Nous donnons à la suite les formules préconisées par les chimistes qui ont écrit sur la Galvanoplastie, tels que MM. Brandely, Roseleur, Fontaine, et qui ont, comme nous, en dehors de leurs travaux

personnels, puisé aux sources directes des inventeurs qui sont Jacobi, Spencer, Daniell, Delarue, Masson, Elkington, de la Rive, Ruolz, etc.

N° 2.	Eau distillée	10lit
	Cyanure pur	20gr
	Chlorure d'or	10
N° 3.	Phosphate de soude	600gr
	Bisulfite de soude	100
	Cyanure de potassium pur	10
	Chlorure d'or	10
	Eau distillée	10lit

(ROSELEUR).

Ce bain fonctionne à chaud. Il nous a donné d'excellents résultats sur l'argent, le bronze et le cuivre. L'auteur indique le mode de préparation qui suit et que nous avons toujours scrupuleusement suivi.

On dissout les 600gr de phosphate dans 8lit d'eau distillée. On laisse refroidir la dissolution qui se fait à chaud.

Les 2lit restant reçoivent, l'un les 10gr d'or, et l'autre les 100gr de bisulfite et les 10gr de cyanure.

La température des bains de dorure à chaud ne doit pas dépasser 80° au maximum.

4. FORMULES A L'AMMONIURE D'OR.

La formule n° 2 peut être préparée différemment. On fait subir au sel d'or une préparation préalable.

On réduit d'abord le chlorure d'or en ammoniure comme nous le faisons plus tard pour les bains d'argenture, pour éviter le dépôt grisâtre.

On verse 20^{gr} d'eau distillée sur le chlorure d'or et on le précipite par l'ammoniaque en ajoutant goutte à goutte le liquide alcalin à la solution aurifère. On s'arrête dès que le précipité cesse. L'ammoniaque ne doit pas être en excès. L'ammoniure d'or est ensuite lavé sur un filtre, à l'eau distillée.

On reprend le produit encore humide, qui est soluble et on le verse dans 1^{lit} d'eau où l'on a fait dissoudre les 20^{gr} de cyanure. On ajoute enfin 9^{lit} d'eau.

Ces bains gagnent par l'ébullition, et le dépôt se fait plus régulièrement quand on a le soin de les laisser bouillir pendant un quart d'heure dans une grande capsule en porcelaine. Il se forme un dépôt dans le fond quand le liquide est refroidi. On décante et, pour ne rien perdre, puisqu'il s'agit d'un métal de grande valeur, on décante d'abord la plus grande partie du bain et l'on filtre la partie qui reste au fond de la capsule.

L'or réduit en ammoniure est un fulminate dangereux à manier à l'état sec, mais il perd son pouvoir détonant après sa combinaison avec le cyanure.

La dorure se fait rapidement avec toutes les formules que nous avons données et que nous

pourrions multiplier sans utilité. Après trois ou quatre minutes, le dépôt est suffisant. Si l'action du bain est prolongée, les objets se couvriront d'une double ou d'une triple épaisseur d'or. Dans un bain de 1^{lit} dosé à 1^{gr} et actionné par 2 éléments de Bunsen, le dépôt est de 0^{gr},25 d'or par heure et par centimètre carré. Dans la petite industrie si répandue aujourd'hui, 4 éléments de Bunsen suffisent pour un bain de 10^{lit}; mais il faut se servir d'une couple pour fixer solidement une dorure régulière dans un bain de 1^{lit} ou 2^{lit}. On emploie alors l'anode soluble. Il est préférable de fixer une anode de platine au pôle positif qui communique avec le charbon de la pile. L'anode de platine, un fil suffit, permet de modifier la couleur du dépôt et d'augmenter ou de diminuer l'intensité du courant sans toucher à la source d'électricité.

La dorure se fonce en couleur à mesure que le fil de platine descend plus profondément dans le bain. Il arrive quelquefois que les objets déjà dorés blanchissent dans le cours de l'opération. Cet accident doit être attribué à un excès de cyanure dans le bain.

Ce sel dissout l'or même sans l'aide du courant et une lame d'or épaisse finirait par disparaître dans une solution concentrée de cyanure.

Dans le cas présent, c'est l'acide cyanhydrique combiné à la potasse qui ronge l'or sur les pièces

à mesure que le métal se dépose. On met fin à cet accident en augmentant la dose de chlorure d'or du bain galvanique.

Or de couleurs diverses.

Nous disions à l'instant qu'à l'aide de l'anode la couleur du dépôt d'or pouvait être modifiée. On obtient déjà, en enfonçant plus ou moins l'anode dans le bain, un ton qui monte du jaune clair au jaune citron, puis à la couleur safran avec des reflets rougeâtres.

Cette méthode ne suffirait pas pour développer cette variété de tons qu'on remarque sur certaines pièces d'orfévrerie en vrai ou en ruolz dont le métal a été martelé et qui sont si recherchées aujourd'hui.

Le mélange des ors de couleur adroitement combiné produit des effets d'ornementation qui séduisent l'acheteur.

Le curieux, peu habitué aux ressources de l'hydrolyse, ne s'explique pas comment l'électricité peut disposer d'un pinceau presque aussi riche que celui du coloriste.

Nous disons presque aussi riche, mais cette restriction est de trop, car on parvient par le dépôt d'oxyde de plomb à développer, sur le platine, sur le nickel et sur l'or, des colorations aussi franches et aussi vives que celles que le teinturier emprunte

aux couleurs d'aniline qui ont produit une révolution dans l'art de teindre.

Cette palette chimique éblouissante a été communiquée par Becquerel. Nous en parlerons en temps et lieu.

Si peu qu'on soit observateur, on a remarqué que les pièces d'or affectent une couleur qui varie suivant le règne de la frappe. Elles ont un reflet rouge, jaune ou vert.

La couleur respective de chaque pièce provient de l'alliage de tolérance qui entre dans la composition de la barre d'or avant son passage sous le balancier.

La couleur jaune est le ton normal de l'or. La teinte rouge est produite par une légère addition de cuivre, et l'or vert provient d'un alliage d'or et d'argent. L'argent est à l'or comme 1 est à 3. Une plus grande quantité ferait passer le ton au blanc.

On peut donc faire intervenir la combinaison de deux sels métalliques dans le bain galvanique, et le courant, comme dans le cuivrage jaune, décomposera les deux sels à la fois et les réduira dans les proportions de l'alliage, mais inversement. Ce résultat anormal n'a pas reçu d'explication.

En effet, si l'on analyse d'abord le bain et ensuite le dépôt, on verra que le rapport entre l'un et l'autre des deux métaux dans le bain est inverse au rapport de ces deux métaux dans le dépôt galvanique.

L'or vert, par exemple, se compose de $\frac{4}{6}$ d'or et de $\frac{2}{6}$ d'argent tandis que le bain qui a servi à précipiter l'or vert tient en dissolution $\frac{2}{6}$ d'or pour $\frac{4}{6}$ d'argent.

Une certaine adresse est requise pour développer des tons bien tranchés.

Le jaune n'offre pas de difficultés. C'est la couleur naturelle de l'or.

La couleur rouge se développe assez bien dans un vieux bain qui a servi longtemps à dorer le cuivre. Si l'on ajoute à ce bain 1^{gr} ou 2^{gr} d'un sel soluble d'antimoine, le rouge vire vers le violet.

Le ton vert s'accentue dans les mêmes conditions que la couleur rouge dans un bain presque épuisé par la dorure des pièces en argent.

Une trace de sel d'antimoine ajoutée au bain de dorure rouge produit le rose.

Ces bains cependant ne donnent pas par eux-mêmes des tons francs. Pour les y forcer on remplace, dès que la couleur se montre, l'anode d'or ou de platine par des lames métalliques toutes disposées chez les marchands d'or et qui ont par alliage la couleur propre.

Mise en couleur. — Mat. — Épargnes. — Vernis.

MISE EN COULEUR. — MAT.

La couleur de l'or déposé principalement sur le cuivre n'a pas toujours un aspect agréable. Ce

défaut est surtout apparent sur les grandes pièces.

La couleur est modifiée par une opération appelée *mise en couleur* et qu'on exécute en barbouillant au pinceau les pièces qui manquent d'éclat ou de ton avec la mixtion suivante que les ouvriers peuvent préparer eux-mêmes à l'usine.

Azotate de potasse.	12gr
Sulfate de zinc.	6
Chlorure de sodium.	6
Sanguine	6

On fait dissoudre ces produits à chaud et ensemble dans un poêlon en porcelaine et l'on réduit la liqueur de moitié.

Les pièces dorées recouvertes de mixtion sont portées sur un foyer de charbon de bois à feu vif, et l'on attend que la préparation ait noirci pour plonger la dorure dans un bain d'eau légèrement acidulée par l'acide sulfurique.

On rince après à l'eau pure et l'on sèche dans la caisse à sciure de bois.

Si la couleur est bonne mais terne, on peut se borner à passer la pièce chauffée dans un bain d'acide sulfurique concentré, qui n'attaque pas l'or mais qui détruit les corps organiques, et l'opération est terminée comme il vient d'être dit.

La dorure peut être mate ou brillante.

Le bain pour la dorure mate se compose d'après la formule n° 2, mais on ajoute à la solution 30gr de cyanure de mercure.

On dore d'après la méthode indiquée et l'on applique ensuite sur la pièce la mixtion à mater qui est préparée d'après les indications qui suivent. On réserve les parties qu'on veut garder brillantes avec un mucilage fait à chaud de gomme adragante.

Azotate de potasse.	30gr
Sel de cuisine	26
Alun en poudre.	21

Ces trois produits sont dissous à l'eau et le liquide visqueux résultant est appliqué au pinceau.

Cette mixtion fond sur un feu vif, et le mercure déposé en même temps que l'or sur la pièce se volatilise. La pièce est ensuite lavée dans l'eau froide et l'on donne le brillant au brunissoir aux parties qu'on veut rehausser.

Le brunissage joue un rôle très important dans la dorure et dans l'argenture. Il en sera question dans un chapitre spécial.

ÉPARGNES. — VERNIS.

Il est très souvent nécessaire, dans l'Hydroplastie, de réserver certaines parties d'un objet, c'est-à-dire de le couvrir d'un vernis solide, prompt à sécher et capable de résister au cyanure qui a assez d'énergie pour dissoudre les corps gras et les substances résineuses. Les parties *épargnées* ne sont plus dès lors en contact avec le bain et la dorure ne fixe pas.

La réserve ou épargne est forcée dans l'emploi des ors de couleur où chaque ton est développé isolément ainsi que dans les pièces qu'on veut garder blanches dans certaines parties pour produire des effets d'opposition.

L'intérieur d'un vase peut être doré cependant sans recourir à la réserve. On remplit jusqu'à l'extrême bord le vase de bain de dorure et on le met en communication avec le pôle positif par un point quelconque de la surface extérieure. L'anode plonge à l'intérieur, mais on isole le second conducteur et la partie de l'anode immergée dans le bain ne doit avoir aucun contact avec le métal pendant toute la durée de l'opération.

Pour colorier une fleur, des armoiries, un ornement quelconque, repoussés dans le fond d'un plat ou d'une aiguière, on dispose un petit bain local, limité aux parties qui ont à recevoir le même ton.

On forme avec un peu de cire à modeler une cuve miniature qui est fixée solidement sur la pièce par pression. L'opération est conduite dans ce bain local comme nous l'avons indiqué pour l'intérieur d'un vase.

Sur cuivre, la dorure au trempé simplifie le travail qui peut se faire aussi sur argent avec le bain au pyrophosphate. Il en sera question dans la partie qui traitera de la réduction sans courant apparent.

La glu marine, préparée à l'état liquide, est excellente comme vernis de réserve. La gomme laque dissoute à l'alcool avec une légère addition d'essence de lavande peut être aussi employée.

Voici du reste la formule d'un vernis de préparation facile et qui est d'un bon emploi.

FORMULE DE VERNIS.

Cire jaune	20gr
Mastic en larmes	30
Bitume de Judée	40
ou	
Vernis copal	10gr
Huile	5
Carbonate de plomb	10

On broie à la molette. Les produits sont dissous à froid dans l'essence de térébenthine ou dans la benzine, et le vernis est appliqué au pinceau sur les parties à réserver.

Si les pièces comportent des réserves, la dorure doit être faite dans des bains froids. Les vernis seraient décomposés par la chaleur du bain qui sera préparé suivant la formule n° 2.

Nous renvoyons au Chapitre de la Gravure pour ce qui a trait aux incrustations en or et en argent.

Dorure du zinc. — Cuivrage préliminaire.

L'argent et le cuivre reçoivent directement la dorure sans couche métallique intermédiaire. Mais le zinc, le plomb (il est rare que le plomb soit

doré à la pile) et les pièces en cuivre dont les parties sont réunies par des soudures d'étain sont préalablement recouvertes d'une couche de cuivre.

Tous les métaux, sans exception, sont décapés avant d'être soumis à un bain galvanique quelconque. Cette opération délicate, qui assure la régularité et la solidité du dépôt, sera traitée à part.

La dorure de l'argent exige peu de soin. On recuit les pièces importantes en surveillant les points de soudure. On recuit une pièce en la passant au feu sans en élever trop la température.

L'argent est ensuite lavé dans un bain d'eau seconde à la potasse, puis nettoyé avec une brosse chargée de ponce pulvérisée ou de craie. On porte le métal au bain après l'avoir rincé à l'eau fraîche.

Les objets en zinc ne sont pas soumis au recuit; on se borne au nettoyage à la brosse comme il vient d'être dit, mais on les fait passer avant la dorure dans un bain alcalin de cuivre qui n'a aucun rapport avec le bain de Galvanoplastie et dont il sera question dans la Partie où nous donnerons les explications relatives au cuivrage pelliculaire.

Après ce traitement, les pièces de zinc protégées par une première couche de cuivre sont portées dans le bain de dorure n° 3.

Mais les objets qui ont une valeur commerciale de quelque importance passent encore avant la dorure dans la cuve à argenter, et le dépôt d'argent doit être suffisant pour supporter le brunissage.

L'or n'aurait pas une solidité suffisante s'il était en contact direct avec le zinc.

Le cuivre, qui est un métal plus dur, l'y fixe plus solidement et le protège contre l'usure.

La couche d'argent intervient pour résister à l'action de la gratte-boësse et pour pallier l'éclat rougeâtre de la dorure appliquée directement sur la pellicule de cuivre.

Le fer est décapé dans un bain d'acide sulfurique étendu ; pour les grandes pièces, on le frictionne ensuite à la brosse chargée de sable ou de grès fin qu'on humecte avec un peu d'eau aiguisée par le même acide. On le rince enfin et l'on peut à la rigueur le dorer sans couche intermédiaire ; mais l'industrie préfère l'intervention d'un premier cuivrage.

L'acier même, sans couche préalable, prend une belle dorure. La couche déposée est solide si le dépôt se fait dans un bain chargé en cyanure. Mais le cyanure attaque le fer carburé. Il sera donc préférable de suivre la méthode que nous avons indiquée pour le zinc et de garantir l'acier par un dépôt pelliculaire de cuivre. La couche d'argent serait sans utilité.

Préparation du chlorure d'or.

Le doreur ne doit pas négliger de préparer son chlorure d'or. Cette manipulation est à la portée

de tous. Le sel d'or, qui est l'élément principal du bain galvanique, est le chlorure d'or pur sans addition.

On n'est pas toujours sûr, dans l'achat de ce produit, d'avoir en main un produit qui ne soit pas un chlorure double d'or et de sodium ou d'or et de potassium.

Ces sels doubles, dont la vente est courante, servent au virage des épreuves photographiques. Ils n'exerceraient aucune influence fâcheuse sur les bains, mais il y aurait perte pour le doreur.

Le préparateur dispose un bain de sable sur un fourneau à gaz. Mais l'opération marche tout aussi bien au feu ou sur la flamme d'une lampe à alcool.

De toute manière, il ne faut qu'une chaleur très modérée, et l'on aura soin, si l'opération se fait au feu, d'éloigner le plus possible le récipient de la flamme.

On dispose une capsule en porcelaine où l'on met 20gr d'or vierge en rubans coupés en fragments, et l'on verse dans la capsule une quantité d'eau égale suffisante pour dissoudre l'or. L'eau régale est un mélange d'acide azotique et d'acide chlorhydrique. On mêle deux parties du second et une du premier, soit :

Or.	20gr
Acide azotique	25cc
Acide chlorhydrique	50

L'or est visiblement attaqué dès que la chaleur

se communique à la capsule et les parcelles métalliques disparaissent une à une. On place l'appareil sous le manteau d'une cheminée pour être garanti des vapeurs acides.

La capsule ne contient bientôt plus qu'un liquide d'un jaune citron qui devient visqueux et qui passe au rouge brun en se réduisant. Il faut l'agiter à ce moment avec une baguette de verre et n'employer que la chaleur nécessaire à l'évaporation. Trop de feu ramènerait, partiellement du moins, le sel à l'état de métal. L'opération serait à recommencer. Le chlorure d'or est à son point quand les vapeurs acides cessent de se dégager.

Après le refroidissement de la capsule qu'on aurait pu remplacer par un ballon en verre de Bohême, le produit est détaché et conservé dans un flacon bouché à l'émeri.

En pratique, on dissout le chorure préparé dans 50^{cc} d'eau distillée qu'on verse dans la capsule qui a servi à la préparation, et l'on filtre au papier dans une éprouvette graduée pour éliminer le chlorure d'argent dont on trouve toujours trace, quelle que soit la pureté de l'or employé. Le chlorure d'argent insoluble dans l'eau est retenu par le filtre.

Les traces d'acide qui restent dans le chlorure d'or sont neutralisées par la potasse qui entre dans la composition du bain galvanique à l'état de cyanure de potassium, car l'alcalinité est la condition fondamentale des bains d'argenture et de

dorure fonctionnant à l'aide de la pile, et c'est cette propriété qui caractérise la découverte d'Elkington, qui prit son premier brevet en France le 11 octobre 1836. Elkington connaissait les essais de dorure et d'argenture de Brugnatelli qui remontaient à 1802, et qui avait lui-même profité des leçons de Volta, son ami, qui venait de construire la première pile électrique.

CHAPITRE II.

ARGENTURE GALVANIQUE.

L'argenture galvanique a fait une révolution dans l'hygiène domestique. Mais, en dehors des maisons sérieuses, on abuse du procédé, car tout dépôt qui ne comporte pas 3gr d'argent métallique par décimètre carré a bientôt disparu par l'usage et par l'entretien, surtout sur les couverts. Cette industrie a pris depuis longtemps une grande extension et le courant voltaïque dépose par an en Europe et en Amérique plus de trois cents millions d'argent.

Avant d'indiquer la composition du bain d'argent, nous disons du bain d'argent, car toutes les formules depuis Elkington se résument dans l'emploi du cyanure d'argent, nous donnerons la méthode de préparation de ce produit, telle que nous l'avons pratiquée pendant vingt ans.

Cyanure d'argent.

On dispose sur un feu nu et sous la hotte d'une

cheminée une capsule en platine ou, plus économiquement, en porcelaine, d'une capacité double des besoins pour éviter les pertes qui pourraient résulter de l'effervescence du liquide en ébullition.

On met dans le récipient :

Argent vierge en grenailles. . . .	250gr
Acide azotique pur.	500cc
Eau distillée.	500

L'eau distillée est ajoutée pour modérer l'action de l'acide qui produirait des bouillonnements énergiques, capables de projeter l'azotate d'argent hors de la capsule.

Après une demi-heure d'ébullition, l'argent est dissous et le contenu de la capsule a pris une teinte verte communiquée par le cuivre dont il reste toujours trace dans l'argent le mieux affiné, ce qui n'a pas d'autre importance.

A ce moment, on pousse le feu pour activer l'évaporation. L'azotate d'argent se prend peu à peu en pâte sèche qu'on agite avec une baguette de verre, et le produit finit par sécher.

On active le feu pour arriver à la première fusion (fusion aqueuse) qui ramène le sel à l'état liquide et qui garde encore sa teinte verte. Pour atteindre le résultat cherché, on maintient encore la capsule sur le foyer ardent.

Le produit se dessèche une seconde fois et fond ensuite avec une teinte noire en projetant des

étincelles. C'est la fusion ignée. Après un quart d'heure d'ébullition nécessaire pour la réduction complète du cuivre en oxyde, le feu est éteint.

Le nitrate d'argent se prend par le refroidissement en masse solide et sonore.

Il se détache en renversant la capsule par un choc léger.

On peut suivre deux méthodes pour transformer cet azotate en cyanure d'argent.

Première méthode. — Dans la première méthode l'azotate noir est dissous dans une quantité d'eau distillée suffisante, puis filtré dans une éprouvette sur un entonnoir à travers une feuille de papier qui retient l'oxyde de cuivre insoluble dans l'eau et qui ne laisse passer que le sel d'argent pur en solution blanche et limpide.

On verse alors de l'acide cyanhydrique (acide prussique) dans l'éprouvette, mais on arrête cette addition dès que le précipité cesse. En dépassant ce point précis, une partie du cyanure d'argent déjà formé serait redissoute pas l'excès d'acide et il y aurait perte.

Le produit qui se prend en caillebotte blanche est lavé à l'eau distillée sur un filtre. Il n'est pas soluble dans l'eau.

Seconde méthode. — On substitue le plus souvent le cyanure de potassium pur à l'acide prussique,

mais il faut, dans ce cas, éliminer le sel de potasse qui existe, combiné avec le cyanogène.

L'azotate d'argent et le cyanure sont d'abord dissous séparément dans l'eau distillée, puis on verse goutte à goutte le sel d'argent sur le cyanure et l'on s'arrête, comme précédemment, quand le précipité cesse de se former. Un filtre en papier placé dans un entonnoir reçoit ensuite le contenu de l'éprouvette. Le filtre retient le cyanure d'argent qui est insoluble, tout en laissant passer l'azotate de potasse que l'eau peut dissoudre.

Observations.

L'argenture à la pile exige moins de courant que la dorure. Un dépôt qui se fait lentement est toujours régulier et solide si d'autres causes encore y contribuent.

L'anode peut servir de galvanomètre et guider l'ouvrier. En général, l'anode ou la plaque d'argent au premier titre qu'on suspend au pôle cuivre (positif) d'où le courant part doit représenter une surface égale à celle des pièces à argenter et ne pas en être écarté à plus de dix centimètres.

L'anode qui noircit pendant l'argenture indique un bain trop pauvre en cyanure, l'oxyde d'argent qui s'en détache continuellement ne trouvant pas à se dissoudre dans une quantité suffisante de ce sel, se porte sur l'anode et la salit.

Si l'anode garde son éclat, le dépôt devient grenu : c'est l'argent qui est en excès. On corrige le bain en y ajoutant l'élément qui lui manque, mais toujours dans les proportions de 1gr d'argent pour 2gr de cyanure, et sans que la densité du bain puisse dépasser 12°. Si le dépôt est mat et sans éclat, sur une surface polie, une quantité infinitésimale de sulfure de carbone ajoutée au bain palliera ce défaut.

Le doreur peu expérimenté obtient une argenture d'un ton jaune et sale ou qui prend cet aspect quelques heures après que les pièces sont sorties du bain. Ce sont des sous-sels d'argent (sous-cyanures, chlorures, azotates) qui se fixent sur le métal réduit. Ces sels disparaissent, et l'argenture reprend sa blancheur naturelle, si le courant est renversé, *mais seulement pendant quelques secondes*. Il vaut mieux opérer ainsi que de laisser les pièces pendant quelques minutes dans le bain sans courant.

Les bains d'argent neufs fonctionnent mal, on les met en état de marcher régulièrement au premier service par une ébullition d'un quart d'heure dans une grande capsule en fonte émaillée ou en porcelaine. On peut encore les laisser travailler par le courant en dirigeant le dépôt sur une lame d'argent fixée au pôle zinc (négatif) en face de l'anode vraie.

Le dépôt est sujet à des stries dues à des cou-

rants secondaires ascendants qui disparaissent quand le bain ou les objets sont tenus dans une agitation continuelle. Ce mouvement est communiqué soit à la main, soit à l'aide d'une courroie de transmission reliée à l'arbre qui communique aux gratte-boësse leur mouvement de rotation.

Il est important de renverser de temps en temps les pièces qui sont au bain. On fait occuper le fond de la cuve à la partie de l'objet qui portait dans le haut de l'appareil. Ce déplacement a pour but d'égaliser le dépôt d'argent sur toute la surface de la pièce.

Composition du bain d'argenture.

On composera le bain d'argenture en portant dans la cuve le cyanure produit par la combinaison des 250^{gr} d'argent vierge que nous avons transformé en azotate et ensuite en cyanure d'argent.

On ajoutera d'autre part aux 10 litres d'eau distillée mis dans la cuve avec le cyanure d'argent les 50^{gr} de cyanure de potassium.

Le cyanure d'argent sera dissous par l'excès d'acide cyanhydrique apporté par le cyanure de potassium, et ce dernier produit sera lui-même dissous par l'eau de la cuve.

Le liquide transparent et limpide résultant sera le bain d'argenture.

FORMULE POUR UN LITRE.

En partant de ce principe qu'il faut de 2gr,5 à 3gr de cyanure de potassium pour 1gr d'argent, le petit industriel et l'amateur composeront leur bain d'après la formule suivante :

Eau distillée	1lit (1000gr)
Azotate (nitrate) d'argent.	15gr
Cyanure de potassium.	25

L'argent et le cyanure seront dissous à part, chacun dans une éprouvette et dans 500gr d'eau.

On versera ensuite l'argent sur le cyanure goutte à goutte et l'on s'arrêtera quand le précipité cessera de se former.

Le cyanure d'argent précipité sera, avec le contenu de l'éprouvette, jeté sur un filtre posé sur une troisième éprouvette graduée qui recevra l'écoulement composé d'eau et d'azotate de potasse nuisible au bain d'argent. On prendra note de la quantité de liquide reçue par la troisième éprouvette et on lavera ensuite le cyanure d'argent à l'eau distillée.

Le cyanure d'argent lavé sera introduit dans l'éprouvette qui contient le reste du cyanure dissous, et l'on remplacera par une addition la quantité d'eau distillée perdue pour transformer le nitrate en cyanure d'argent, ce qui rétablira les 1000gr constituant le litre.

Nettoyage du cuivre avant l'argenture.

Avant d'être descendues dans le bain d'argenture, les pièces en cuivre sont nettoyées avec un soin extrême, qu'on taxerait d'exagération, si l'expérience acquise n'en démontrait pas la nécessité.

Chacune des opérations indiquées est scrupuleusement suivie dans les ateliers d'argenture.

1° La pièce de cuivre, quelle qu'en soit la forme, est d'abord dégraissée dans un bain bouillant de potasse d'Amérique à 10 pour 100 et lavée ensuite à l'eau fraîche.

2° On la passe après dans la cuve à dérocher, c'est-à-dire dans une eau aiguisée avec 5 pour 100 d'acide sulfurique.

3° On rince encore et, sans attendre, on l'immerge dans une solution énergique composée de :

Acide azotique	15lit
Sel ordinaire	250gr
Suie calcinée	250

Le métal doit être retiré immédiatement après l'immersion. Une ou deux secondes de contact suffisent. Il faut opérer vivement et laver immédiatement à grande eau.

4° On amalgame ensuite le cuivre dans une dissolution d'azotate de bioxyde de mercure à 1 pour 100. Le produit se dissout dans l'eau à l'aide de quelques gouttes d'acide sulfurique. Après un la-

vage à l'eau fraîche, la pièce à argenter est portée dans le bain d'argent pendant dix minutes, non pas pour recevoir le dépôt, mais pour fixer l'ouvrier sur la valeur du décapage.

On examine, en retirant la pièce du bain, si l'argent se porte régulièrement sur le cuivre. En cas contraire, et si l'on aperçoit des taches, le métal est frictionné avec du sel de tartre. On le passe après dans un bain de cyanure bouillant et, après lavage, la pièce est remise dans le bain d'amalgame.

Le mercure a la propriété de fixer étroitement l'argent sur le cuivre. Il joue le rôle de soudure entre les deux métaux. Mais l'excès serait nuisible si une dernière opération n'intervenait pas pour éliminer le mercure.

Après un séjour au bain qui varie suivant l'épaisseur qu'on veut donner à la couche d'argent et qui peut durer de six à huit heures, on arrête le courant et l'on ne retire les pièces qu'après trois ou quatre minutes. Le bain par lui-même dissout les sous-sels d'argent.

Si, par l'interversion du courant ou par le passage de l'argenture dans une eau seconde d'acide sulfurique ou azotique très légère, l'argenture restait jaune, on aurait recours au borax en poudre délayé dans l'eau.

La pièce couverte au pinceau serait passée au feu, et le borax, après fusion, rendrait au dépôt la blancheur qu'il doit avoir.

Au sortir du bain, le dépôt d'argent affecte un ton nacré, qui serait à maintenir, s'il ne passait pas promptement au rose.

C'est la gratte-boësse, faisceau en fil de cuivre jaune flexible, et ensuite le brunissoir qui lui communiquent l'éclat métallique.

Cuve à argenter. — Disposition des pièces dans le bain.

La cuve à argenter, comme tous les récipients pour bains galvaniques, est une caisse en bois, doublée à l'intérieur d'une feuille de gutta-percha.

Un vase en grès ou en porcelaine rend le même service. Quelle que soit la forme ou la matière du récipient employé dans l'Électrolyse, la disposition des pièces dans le bain est invariable.

Le haut de la cuve porte deux tringles en cuivre, L'un de ces supports est relié au pôle charbon (positif) et reçoit l'anode qui doit plonger entièrement dans le bain, suspendue à un fil de platine. L'anode est en or, en argent, en nickel, suivant le cas. L'autre que l'on fixe à une distance de $0^m,10$ du premier est en communication avec le pôle zinc (négatif). On y suspend à l'aide de crochets en cuivre, sauf pour le bain de platine et de fer, les pièces qu'on veut galvaniser.

La gutta-percha ne résisterait pas à un bain chaud sans se déformer et se fondre.

On choisit des vases en porcelaine ou en fonte émaillée pour les bains qui fonctionnent à chaud.

La gutta-percha est sujette à se fendiller en hiver et à fondre en été, quand la cuve est vide.

Il suffit de chauffer une tige de fer au rouge sombre et de l'appliquer sur les fissures pour rendre la cuve étanche.

Il faut surveiller les cuves en gutta et tous les récipients en général. On est exposé par défaut d'attention, plus souvent qu'on ne le croit, à des pertes sérieuses, surtout avec les bains d'or et d'argent.

Vieux bains.

Les bains d'argent s'altèrent par l'usage. Nous avions déjà dit qu'on pouvait en augmenter la richesse en cyanure et en argent lorsque l'anode est insuffisante, et en acide cyanhydrique en ajoutant ces produits au bain épuisé en partie.

Mais il est une autre cause qui altère peu à peu le bain d'argenture.

C'est l'acide carbonique de l'air qui agit sur la potasse et qui forme incessamment du carbonate de potasse aux dépens du cyanure. On arrête l'intrusion de cet élément inutile et gênant en versant de temps en temps dans la cuve une solution de cyanure de calcium.

L'acide carbonique se porte dès lors sur la

chaux pour former du carbonate de chaux, et l'acide cyanhydrique sur la potasse qui est transformée en cyanure de potassium.

Nickelage.

Depuis dix ans le nickelage a pris un tel développement, qu'il peut être considéré comme une branche très importante des applications électrolytiques.

Les propriétés de ce métal ne passaient pas cependant inaperçues. On en appréciait la dureté et la blancheur. On le savait de plus inoxydable. Mais les électriciens n'avaient pas su combiner des bains galvaniques fournissant un dépôt assez blanc et assez adhérent pour donner lieu à une exploitation régulière.

C'est grâce aux recherches de la Science et à la persévérance de quelques grands industriels que le nickelage a pris pied.

Du reste, ce métal assez rare et peu exploité avant l'application qui en est faite aujourd'hui, n'était pas amené à un état suffisant de pureté pour encourager l'électricien.

En dehors des monnaies belges de billon et de l'alliage du parkfond (cuivre jaune nickelé), le nickel ne trouvait place que dans le laboratoire du chimiste.

Depuis longtemps Becquerel avait indiqué les bains ammoniacaux, car tous les sels de nickel sont acides. Mais Adams a été le premier à composer des bains neutres qui peuvent seuls donner de bons dépôts.

Nous avons fait fonctionner à Haeren pendant six ans, des bains de nickel. Mais nous n'avons obtenu des dépôts blancs et adhérents qu'en nous conformant aux indications de Becquerel et à toutes les observations faites par des ouvriers employés à l'usine qui sortaient des maisons où cette industrie était déjà exploitée.

Pour satisfaire aux demandes, allant toujours en grandissant, la chimie industrielle s'est mise à l'œuvre, et l'on trouve aujourd'hui des anodes et des sels chimiquement purs.

Le nickel est un métal qui n'est pas rare. On le trouve en Suède combiné avec les pyrites de fer magnétique qui en renferment 3 pour 100. Il en existe des gisements un peu partout à l'état d'oxyde combiné avec le fer, le cuivre et l'arsenic. On réduit le métal par cémentation et l'on transforme en lingots les cubes obtenus au feu de forge.

Les dissolutions de nickel ne sont réduites par aucun autre métal. Il est attaqué par les acides chlorhydrique, azotique et sulfurique.

Voici cinq observations qui serviront de guide au nickeleur :

1. Un bain acide ou alcalin donne un dépôt gris et peu adhérent.

2. Un bain neutre laisse un dépôt blanc et solide.

3. Le dépôt ne peut être fait que si la surface à couvrir est polie et décapée.

4. Une surface non polie sort mate du bain et ne peut pas être ramenée au brillant par le brunissoir.

5. Le nickel n'est pas à appliquer sur les pièces qui sont souvent en contact avec le suc des végétaux (service de table, matériel d'office).

En observant ces principes, le nickelage peut être confié à tout ouvrier intelligent.

BAIN DE NICKEL.

Sulfate double de nickel et d'ammoniaque.. .	1000gr
Eau distillée ou de pluie.	10lit

On filtre cette dissolution faite à chaud.

Les règles générales que nous avons exposées en traitant de l'argenture et de la dorure sont applicables au nickelage. Le bain d'amalgame est supprimé.

La solution de nickel, avons-nous dit, doit être neutre, mais plutôt acide qu'alcaline.

L'état neutre du bain doit pencher vers l'acidité. Il faut que le papier tournesol plongé dans

le liquide, tout en conservant sa teinte bleue, présente une trace d'un rouge à peine sensible dans l'intervalle qui sépare la partie sèche de la partie humide.

La combinaison du sulfate de nickel avec la soude et la potasse, indiquée par d'autres formules, ne change rien au résultat final et n'a aucune supériorité sur celui dont nous conseillons l'emploi.

Le sulfate dissous communique à l'eau une couleur d'un vert émeraude qui pâlit quand le bain s'appauvrit. Cette couleur passe au jaune en cas d'épuisement.

Le bain de nickel peut servir pendant des années, s'il est tenu couvert, à l'abri de la poussière, quand il est au repos, en y ajoutant à mesure une quantité d'eau distillée, égale à celle qu'il perd par l'évaporation.

Le ton vert qui pâlit dans un bain en activité est un indice certain d'appauvrissement. On ramène la couleur en versant dans la cuve une dissolution concentrée de sulfate double dissous à chaud, mais on s'assure ensuite, au papier tournesol, de l'état neutre du bain.

L'industrie moyenne qui ne dispose pas le plus souvent d'un courant de vapeur et d'un serpentin, pour chauffer l'appareil de décomposition, remplacera la cuve en bois doublée de gutta-percha par un vase en grès ou en porcelaine. Ces

vases supporteront mieux la chaleur du bain dont la température s'élèvera graduellement si l'on mélange à la masse une partie de ce même bain chauffée à part dans une capsule en porcelaine.

La meilleure anode à employer est une plaque de nickel, en métal pur, de 6^{dq} à 8^{dq} pour un bain de 10^{lit}.

On débute par un courant énergique de 5 ou 6 volts qu'on obtient en couplant en quantité cinq éléments Bunsen de $0^{m},18$ et quand le dépôt est en marche, on peut supprimer deux ou trois éléments de la batterie.

Le nickel, qui occupe le dernier rang dans la série des métaux précieux, ne peut servir naturellement de protection qu'aux métaux de moindre valeur. Tels sont : le cuivre, le fer, la fonte, le zinc et le plomb. Le nickel est déposé directement sur le cuivre; mais on protège, par une couche de ce dernier métal, tous les métaux inférieurs avant de les porter dans le bain de nickel.

Le platine, en fil de $0^{m},002$ de section, et le charbon de cornue en plaque peuvent être substitués à l'anode solide de nickel.

Par l'emploi de l'anode en platine insoluble, le bain ne tarde pas à devenir acide. Il est neutralisé par une addition de carbonate de nickel broyé à l'eau.

L'anode soluble de nickel produit l'effet contraire. On corrige, quand le fait est produit, l'al-

calinité du bain par l'acide citrique dissous dans l'eau distillée, ou encore avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique.

Dans les deux cas, on se souviendra d'un des principes que nous avons placés en vedette et qui renferme toute la théorie du nickelage, et l'on s'assurera de l'état exact du bain après l'une ou l'autre de ces additions.

Les pièces, au sortir du bain, sont lavées à l'eau froide, puis à l'eau chaude. On les sèche après, dans la sciure de bois.

Une pièce préalablement polie sort quelquefois du bain et même souvent jaune et sans brillant. Cet accident n'est qu'apparent et il n'entraîne aucune conséquence fâcheuse. On le remet en état par une friction au rouge anglais.

Le polissage, qui est indispensable pour obtenir un dépôt brillant, doit être fait à l'aide de brosses mues par la vapeur ou par un tour. La main peut cependant remplacer la machine. Nous avons prévenu, qu'après le dépôt, toute tentative de brunissage n'aboutirait à rien. Le nickel est un métal trop dur. L'agate, l'acier et l'hématite, dont les brunissoirs sont armés, sont impuissants à l'attaquer.

M. Powell, de Cincinnati, affirme qu'avec une addition d'acide benzoïque aux sels de nickel on peut employer les bains alcalins.

Les anodes se dissolvent alors régulièrement et

la densité du bain ne subit pas de variations sensibles.

Un bain de 9lit sera composé comme il suit :

Eau de pluie.	9lit
Sulfate de nickel.	246gr
Acide benzoïque.	62

L'acide benzoïque est peu soluble dans l'eau. Il convient donc de faire dissoudre le sulfate dans la quantité d'eau indiquée par la formule du bain qu'on porte à l'ébullition dans une capsule en tôle émaillée et d'y ajouter l'acide benzoïque qui se dissout plus facilement en présence des sels de nickel.

Avec l'acide benzoïque on peut faire entrer indifféremment tous les sels de nickel dans la composition du bain : sulfate, acétate, chlorure, citrate, etc.

L'acide benzoïque peut être remplacé par l'acide salycilique et par l'acide gallique.

D'après Weston, l'acide borique facilite mieux que tout autre sel le dépôt de nickel.

Le bain se compose de :

Chlorure de nickel	2gr
Acide borique.	2

Le métal déposé dans ces conditions est adhérent, mou et très malléable.

On couvre directement les feuilles de zinc et de tôle en les plongeant après décapage dans le bain.

Un dixième de millimètre de nickel est une protection suffisante. Nous en avons sous les yeux des échantillons qui ne laissent aucun doute sur la valeur du procédé. Le zinc, en feuille, est ensuite laminé à chaud.

Platinage.

Si les indications fournies par Roseleur pour les bains de platine avaient été mises à profit par les électriciens, le nickelage serait depuis des années exploité comme il l'est aujourd'hui.

Le platine est un métal d'un prix élevé dont l'effet artistique dans l'orfévrerie peut être obtenu plus économiquement par l'argent oxydé. L'emploi du platine est, à cause de sa valeur intrinsèque, sans portée industrielle, si on le considère au point de vue de la protection d'un métal inférieur.

On a essayé de garantir par une couche de platine la surface des planches de cuivre gravées au burin et à l'eau forte.

Le résultat est excellent en principe, mais le platine qui triple le rendement de la planche s'use à son tour. Le platine déposé n'est qu'un réseau à mailles serrées comme tout dépôt électrique et n'a pas la dureté du métal laminé. Le dépôt, du reste, doit être sans épaisseur. Une couche plus forte nuirait à la finesse du trait. L'usure du platine sous le chiffon n'est pas égale et le cuivre reparaît sur

divers points. On est alors forcé d'arrêter le tirage, et la planche est perdue. Elle ne peut plus repasser par le bain de platine, car, pour former sur une surface une couche métallique égale et adhérente, la surface à couvrir doit être de même nature.

Or, toute tentative pour dégager le cuivre du platine est sans résultat. Les acides combinés qui rongent l'argent en respectant le cuivre n'ont pas d'action sur ce métal. On a remplacé le platine par le fer qui est moins résistant, et la planche gravée peut, avec ce métal, passer au bain galvanique autant de fois que l'état de la planche gravée l'exige.

Le fer est détruit dans un bain d'acide sulfurique, qui le transforme en sulfate soluble, et cet acide n'exerce aucune action sur le cuivre.

Voici la formule du bain de platine que nous avons employée avec succès dans le cours de nos travaux et de nos recherches, d'après les indications de Roseleur.

On prépare d'abord le chlorure de platine en dissolvant 10gr de mousse de platine dans une eau régale, composée suivant le dosage que nous avons indiqué dans la préparation du chlorure d'or. Il n'y a rien à changer à la méthode opératoire. Le produit, quand il est formé, doit être desséché dans la capsule sur un feu très doux.

BAIN DE PLATINE.

N° 1.	Eau distillée	500cc
	Chlorure de platine.	20gr

N° 2.	Eau distillée.	500cc
	Phosphate d'ammoniaque	100

Les deux produits sont dissous séparément dans la quantité d'eau indiquée par la formule.

On verse après goutte à goutte le phosphate d'ammoniaque dans la solution de platine en agitant vivement le mélange avec une baguette de verre. Une tige en fer précipiterait le sel de platine et le bain ne fonctionnerait pas.

Le mélange des deux produits est versé dans une capsule avec le précipité qui s'est formé et on le porte à l'ébullition.

On évapore jusqu'au moment où le liquide devient sensiblement acide. Le papier bleu tournesol doit y accuser à peine trace d'acidité.

Quand le liquide a perdu par l'ébullition la couleur orange et qu'il est décoloré, le sel double de platine et d'ammoniaque est formé et le bain est prêt à fonctionner.

On couple deux éléments de Bunsen pour obtenir un bon dépôt. L'anode doit être en platine.

Le bain, quand il s'épuise, est remonté soit avec du chlorure de platine dissous dans l'eau distillée, soit avec du phosphate d'ammoniaque.

Cuivrage pelliculaire par les bains alcalins.

Nous entendons par cuivrage pelliculaire le dépôt superficiel qui garantit les métaux oxy-

dables contre les intempéries et qui tenait lieu de nickelage.

Ce genre de dépôt a perdu de son importance, mais il rend encore des services signalés.

Cette méthode qui permet de revêtir de cuivre jaune le fer et la fonte employés dans les objets d'ameublement, leur donne une couleur plus agréable et plus riche et en facilite l'entretien.

Le dépôt rouge est l'intermédiaire qui fait adhérer l'or, l'argent et le nickel sur l'acier et sur ses congénères.

Il n'est pas question encore de Galvanoplastie et de dépôt avec épaisseur.

Le cuivrage comprend deux opérations distinctes qui ne tendent pas au même but. Elles diffèrent par la méthode et par la composition des bains qui n'ont aucun rapport entre eux.

La reproduction en cuivre des objets moulés sera traitée à part.

Ce paragraphe ne s'applique qu'au cuivrage par les bains alcalins.

BAIN ALCALIN AU CYANURE DE CUIVRE.

Sulfate de cuivre.	250gr
Carbonate de soude.	100
Cyanure de potassium.	100

Comme on le voit, le bain alcalin de cuivre qui fonctionne à chaud ou à froid est de même nature,

quant au dissolvant, que les bains d'or et d'argent que nous avons déjà étudiés.

Nous verrons cependants que le cyanure peut être remplacé par d'autres produits alcalins dans le cuivrage des masses en fonte et en fer qui réclament un traitement plus économique.

Le sulfate de cuivre et le carbonate de soude sont dissous séparément et mélangés par petites quantités. Si les deux solutions étaient mêlées d'un seul coup, l'effervescence produite par le dégagement de l'acide carbonique soulèverait le liquide hors du vase.

Il se forme, par ce mélange et par voie de double décomposition, du carbonate de cuivre, qui est recueilli sur un filtre et qu'on porte dans la cuve. L'eau qui a servi à dissoudre les deux produits est en dehors de la formule. On verse après $2^{lit},50$ d'eau ordinaire sur le sel de cuivre, qui est de couleur verte et qui se mêle à l'eau sans se dissoudre. On ajoute enfin $2^{lit},50$ d'eau où l'on a fait dissoudre le cyanure, et le carbonate de cuivre se transforme dès lors en cyanure de cuivre.

Le bain alcalin est prêt pour le cuivrage.

Il est inutile dans le travail industriel de s'astreindre à une formule.

On prend une quantité quelconque d'un sel de cuivre, sulfate, acétate. Le sel est précipité par le carbonate de potasse, et l'on arrête dès que le précipité cesse de se former.

On verse après sur le carbonate de cuivre, que l'industrie fournit tout préparé, une solution de cyanure suffisante pour décolorer le bain. Les proportions des produits sont ainsi déterminées par le bain lui-même.

La formule suivante nous a servi pendant de longues années pour opérer des dépôts de cuivre, sans brunissage, sur des substances organiques (plumes d'autruche, paille, étoffes).

Le bain de 20lit était actionné par 15 éléments de Bunsen (20 volts).

Deux éléments fourniraient un courant suffisant pour le dépôt sur métal.

Mais les corps non conducteurs et métallisés à l'azotate d'argent réduit par les vapeurs de phosphore ne sortaient brillants du bain que si le dépôt s'effectuait sous l'influence de ce courant énergique.

AUTRES FORMULES.

N° 1.	Bisulfite de soude	500gr
	Cyanure de potassium	500
	Carbonate de soude	1000
	Acétate de cuivre	475
	Ammoniaque	350
	Eau ordinaire	25lit
N° 2.	Eau	1lit
	Sulfate de cuivre	10gr
	Cyanure de potassium	25
	Carbonate de soude	25
	Cyanure de cuivre	0 50

Cette formule est donnée par Roseleur. Ce bain sert au cuivrage du fer et de l'acier et fonctionne à froid.

On prend pour le cuivrage les mêmes dispositions que pour les dépôts de nickel. Le bain est décoloré s'il redevient bleu par une solution de cyanure, et si l'anode perd son éclat, on ajoute ou de l'acétate ou du sulfate de cuivre, suivant la composition du bain.

Mais il faut noter que les pièces qui sont destinées à la dorure, à l'argenture ou au nickelage, sont portées sans lavage, sans friction et sans perte de temps dans leur bain respectif.

Le bain galvanique alcalin peut déposer le cuivre à toute épaisseur. C'est ainsi que les clichés typographiques en zinc sont protégés par une couche de cuivre peu épaisse, pour éviter la déformation des traits et, par suite, l'empâtement du dessin, dont les déliés seraient grossis.

Cette couche pelliculaire de cuivre garantit le zinc de l'oxydation et le sauvegarde contre l'usure.

Ce cuivrage sans épaisseur ne doit pas être confondu avec l'électrotypie qui est la reproduction même du cliché en zinc et qui s'obtient par le dépôt galvanoplastique, dans un bain acide et sur un contre-type en creux formé par la gutta-percha ou par la cire.

Cette application a été traitée à fond dans notre

publication, qui a pour titre : *Traité pratique de Phototypie* (1).

Avant d'être soumis au bain, les clichés typographiques sont décapés avec un soin extrême. Le passage à l'acide les altérerait. On les plonge pendant une minute dans un bain chaud de potasse, à 5 pour 100 et on les frictionne ensuite à la craie avec une brosse douce. Un dernier lavage à l'eau fraîche est nécessaire pour enlever la craie, et le lavage doit être précédé d'une friction vigoureuse, avec une brosse en crin, pour enlever le blanc retenu par les tailles.

Cuivre jaune.

Si l'on ajoute une solution de sulfate de zinc au bain de cuivrage rouge, le dépôt prendra la couleur du laiton ou cuivre jaune.

En substituant le chlorure d'étain au sel de zinc, le ton jaune est sensiblement modifié. L'objet recouvert prend la couleur du bronze ou de l'or, suivant les proportions des deux sels.

Le même résultat s'obtient en faisant fonctionner pendant un certain temps un bain de cuivre rouge avec une large anode en cuivre jaune.

On prépare un bain neuf en y faisant entrer au-

(1) GEYMET, *Traité pratique de Phototypie*. 2e édition revue et augmentée. In-18 jésus; 1888 (Paris, Gauthier-Villars).

tant de sel de cuivre que de sel de zinc et en le préparant comme il a été dit précédemment.

La marche de ce bain n'est pas toujours régulière, surtout quand il fonctionne pour la première fois.

Un petit bain est plus difficile à régler qu'un grand.

L'irrégularité du bain se traduit par le dépôt, qui est tantôt rouge et tantôt blanc.

Dans le premier cas, c'est le cuivre qui se porte au pôle négatif, à l'exclusion du zinc. C'est un indice que le courant est trop faible. Dans le second, le courant trahit sa faiblesse.

C'est à l'ouvrier qui surveille le bain de régler le courant et de substituer, suivant le cas, mais momentanément, une anode en cuivre rouge à l'anode en laiton et d'en alterner l'usage.

Les deux sels n'ont pas la même résistance, et un courant trop faible a une tendance à décomposer le sel de cuivre, qui est plus facile à réduire que le zinc.

Bain de fer.— Aciérage des planches de cuivre gravées.

L'aciérage des planches de cuivre est, jusqu'à présent, le seul parti qu'on ait tiré du fer réduit par la pile.

Il est possible cependant de déposer le fer en épaisseur dans les moules de gutta-percha. Mais

on y arrive lentement et péniblement, et le procédé est trop coûteux pour être industriel. La pièce reproduite n'a aucune valeur en dehors de la difficulté vaincue.

Nous nous bornerons à donner la formule du bain d'aciérage.

N° 1.	Chlorhydrate d'ammoniaque	100gr
	Eau	200cc
N° 2.	Sulfate de fer lavé à l'alcool. . . .	200gr
	Eau	300cc

Ces deux solutions mélangées sont soumises à une ébullition d'une heure ou deux.

Mais nous préférons la méthode suivante pour préparer le bain.

On emplit la cuve d'eau ordinaire et l'on y fait dissoudre 50 pour 100 de chlorhydrate d'ammoniaque, soit 1kg de ce sel pour 2lit d'eau. Le courant se charge après de mettre le bain en état de fonctionner.

On fait communiquer le fil positif avec une anode en tôle occupant les deux tiers de la largeur de la cuve. La tôle, avant son immersion dans la cuve, est avivée dans une solution de cyanure de potassium qui se combine avec le fer, et qui est le meilleur produit à employer pour décaper ce métal et pour le débarrasser de son oxyde.

Le pôle négatif est fixé à une autre plaque de tôle.

Après 24 heures de travail chimique par le courant, la solution de chlorhydrate d'ammoniaque est saturée par l'oxyde de fer fourni par l'anode qui, par sa combinaison avec le chlore, forme un chlorure de fer.

Le liquide prend dès lors une teinte verdâtre rosée à la surface. Cette coloration est l'indice que le bain est prêt à fonctionner.

Ce liquide se décompose sous l'influence de la lumière, aussi faut-il éviter l'emploi des cuves en verre. La cuve en grès ou en gutta-percha convient mieux. Ce bain doit être protégé par un couvercle.

On suspend la plaque de cuivre que remplace la tôle. Le dépôt de fer est brillant et adhérent. Le dépôt est mince, mais il est suffisant pour protéger la planche et pour en doubler le tirage.

Nous avons déjà dit que la couche de fer s'usait inégalement sur le cuivre, qui était mis à nu sur divers points. Mais le fer peut être dissous dans un bain d'acide sulfurique. Cette opération, mieux raisonnée que le dépôt de platine, peut être renouvelée à volonté sur la planche.

Plombage. — Chromoplastie.

Le plomb, métal d'un ordre inférieur, sans dureté et dont les oxydes sont toxiques, n'a qu'un rôle effacé en Électrolyse.

Si nous en parlons, c'est pour attirer l'attention du lecteur sur la propriété remarquable qu'a l'oxyde de plomb de développer de riches couleurs sur les métaux.

Ces couleurs variées, qui ont tout leur éclat sur le platine, l'or, le nickel et l'acier, sont moins vives sur l'argent et sur le cuivre. Les effets qui en résulteraient sur les pièces d'art et pour l'orfévrerie seraient de haute valeur si ces couleurs profondes, riches et miroitantes, étaient durables, et si elles avaient la solidité de la pellicule d'or et d'argent fixée par le courant.

Mais ces colorations qui forment une merveilleuse palette électrique, aussi riche et plus éclatante que celle du peintre, sont promptement attaquées par l'oxygène de l'air, et le contact des doigts les fait disparaître en peu de temps. Il est même impossible de les protéger par une couche de vernis.

De nombreux essais faits en ce sens, d'abord par Becquerel, qui a étudié et fixé le premier ces couleurs, et par de nombreux électriciens, n'ont donné que des résultats incomplets.

BAIN CHROMO-ÉLECTRIQUE.

Protoxyde de plomb (litharge). . .	20gr
Potasse caustique	200
Eau distillée	4lit

Cette dissolution, soumise dans une capsule en

porcelaine à une ébullition de 30 minutes, est filtrée après refroidissement.

Nous ne parlons ici que du bain qui développe les couleurs qu'on nomme *anneaux de Nobili*, du nom du chimiste qui les avait développées avant Becquerel, par des décharges électriques de la bouteille de Leyde.

On peut obtenir, en dehors de ces couleurs, une couche de plomb dans un bain peu concentré d'acétate de plomb excité par un courant faible, mais ce dépôt n'a ni emploi ni portée.

La réussite des couleurs dépend, en grande partie de l'habileté et de l'expérience de l'opérateur, s'il veut les obtenir dans leur ordre électrique et fixer la couleur de circonstance qui convient à son dessin à côté d'une autre couleur déjà formée. Une fleur métallique peut être coloriée dans le bain avec autant de précision que l'artiste pourrait le faire au pinceau.

Nous avons pu, par ce procédé, développer toutes les couleurs sur une série de perles en verre, recouvertes à la pile d'une couche suffisante de cuivre pour supporter le polissage au tour, et que nous avions passées ensuite au platine.

Ces perles, réunies en collier suivant l'ordre des couleurs spectrales, gardent encore après vingt ans leur coloration respective, mais elles ont perdu une partie de leur éclat et la couleur tend à disparaître.

Le bain est versé dans un vase en verre, dont la transparence permet de mieux apprécier à l'œil le développement de la couleur.

Les pôles sont intervertis.

L'objet qui doit recevoir la couche sans épaisseur d'oxyde de plomb à reflets colorés, est suspendu au pôle positif. On fixe au pôle négatif un fil de platine, qui sert en quelque sorte de pinceau.

Le bain doit accuser 25° au pèse-sel ; on opère à la température de 15°. Quelques degrés en plus ou en moins, en densité ou en chaleur, n'ont pas d'influence appréciable sur le résultat.

Le fil de platine, qui ne doit toucher au liquide que par la pointe, est renfermé dans un tube de verre effilé dans la partie qui est en contact avec le bain. On fond au chalumeau la pointe de verre d'où le platine émerge, et si l'on soude le platine et le verre, l'appareil est parfait.

C'est du fil de platine et de la direction qui lui est imprimée que le résultat dépend.

Plusieurs fils réunis en faisceau sont passés dans le même tube de verre. On écarte ensuite les fils en griffe si la pièce à orner offre une certaine étendue.

Chaque couleur développée est lavée à l'eau distillée qui entraîne l'oxyde de plomb en excès. Cet oxyde s'opposerait à la venue de la couleur de l'ordre qui suit. 2 éléments de Bunsen de $0^m,16$ donnent un courant convenable pour un bain

de 2^{lit}. Le nombre des éléments est augmenté en raison de la capacité d'un bain. On emploie un fil de platine d'un dixième de millimètre pour les petits objets. Le fil, dans tous les cas, doit être effilé et ne pas dépasser $0^{m},001$ de diamètre.

La production des couleurs est instantanée et le ton se transforme et s'accentue plus ou moins, suivant que la pointe de platine se rapproche ou s'éloigne du métal.

L'éclat et la vigueur de la couleur dépendent de la nature du métal qui la reçoit. Mais les couleurs se développent et se suivent dans un ordre invariable qui dépend de l'épaisseur de la couche d'oxyde déposée.

Pour se rendre compte de la succession des couleurs se substituant l'une à l'autre sur le métal, immergeons un objet nickelé dans le bain la face polie perpendiculaire à la pointe.

Aussitôt que le fil de platine descendu dans le bain s'approche, le métal prend la couleur noire, à la seconde touche de l'anode dans le bain, la couleur noire fait place à la couleur orange. Le gris perle, le jaune d'or, le *rouge*, se succèdent. C'est la première série.

Si nous plongeons encore le fil de platine pour reprendre le rouge qui est la dernière couleur de la première série, nous obtenons le pourpre et nous arrivons encore au rouge de la deuxième série.

La série des couleurs qui succèdent au rouge et

qui finit par le noir intense qui a été le point de départ sont les couleurs de la troisième série. La couche d'oxyde devient alors trop épaisse, et le fil de platine n'a plus d'action colorante sur le métal.

Voici les couleurs dans l'ordre constaté par Becquerel.

Première série. — Orangé, orange foncé, gris, jaune d'or rouge.

Deuxième série. — Rouge violacé, vert bleuâtre, beau vert, jaune, rouge.

Troisième série. — Pourpre, vert, jaune brillant, rose, cramoisi.

Il est bon de noter que, pour développer une couleur, la pointe de platine ne doit toucher au bain que pendant une ou deux secondes.

Procédés pour détacher du cuivre les métaux précieux déposés par l'électricité. — Dédrogues.

Les métaux déposés sur le cuivre par le courant galvanique peuvent être enlevés soit par le courant inverse, soit par immersion dans des bains spéciaux qui diffèrent peu, quel que soit le métal, et qui attaquent la couche superposée sans toucher au cuivre.

Il est quelquefois nécessaire, dans les travaux d'Électrolyse, de remettre à nu le cuivre doré, argenté ou nickelé.

Il peut arriver, en effet, pour ne citer qu'un seul cas, que, par défaut de décapage, l'or, l'argent, etc., n'adhèrent pas sur le cuivre. Des boursouflures se produisent pendant l'opération du brunissage.

Une pièce artistique ne peut pas être remise au bain à la suite d'un accident de cette nature. L'argent ne se fixerait pas mieux sur la partie manquée, même après un nouveau décapage.

De là la nécessité d'enlever entièrement le métal qui recouvre le cuivre sans en laisser la moindre trace.

Le point délicat c'est de faire disparaître le métal de surface sans entamer le *cuivre* et sans porter atteinte aux finesses des ornements.

L'attention de l'opérateur doit être constamment en éveil pendant l'opération.

Le cuivre qu'on désargente ou qu'on dédore doit être retiré souvent du bain, pour vérifier si le cuivre est à découvert ou s'il est utile de le laisser plus longtemps en contact avec le bain.

Si l'on opère à la pile, le cuivre sera traité par le même bain qui a fourni le métal, mais le courant sera interverti.

On fixera le cuivre doré ou argenté au pôle positif où il prendra le rôle d'anode, et l'argent ou l'or sera porté sur une feuille de cuivre suspendue au fil négatif.

Cette feuille de cuivre légèrement huilée ne contracte aucune adhérence avec le métal qui s'y

porte et le métal descendra au fond de la cuve.

On arrive au même résultat par des bains spéciaux.

L'acide azotique, qui attaque l'argent et le cuivre, respecte le cuivre et dissout l'argent s'il est mélangé à l'acide sulfurique.

L'acide azotique et l'acide chlorhydrique réunis dissolvent à la fois l'or et le cuivre, mais ils restent sans action sur le cuivre et n'attaquent que l'or s'ils entrent en combinaison avec l'acide sulfurique.

La propriété singulière de ces mélanges n'a pas reçu d'explication.

Voici les formules de ces trois bains qui portent en Galvanoplastie le nom de *dédrogues*.

DÉDROGUE POUR ARGENT.

Acide sulfurique	1000cc
Acide azotique	100

DÉDROGUE POUR OR.

Acide sulfurique	1000cc
Acide azotique	100
Acide chlorhydrique	200

DÉDROGUE POUR NICKEL.

Acide sulfurique	1000cc
Acide azotique.	100
Acide chlorhydrique.	200

L'acide azotique peut être remplacé par l'azotate de potasse, et l'acide chlorhydrique, par le sel ordinaire (chlorure de sodium).

L'acide sulfurique est très avide d'eau et ces bains ne fonctionnent régulièrement qu'autant que l'acide sulfurique conserve son degré de concentration. Le cuivre aurait le sort du métal qui le recouvre si les pièces à dédorer ou à désargenter étaient mouillées quand elles sont introduites dans les bains.

L'humidité de l'air altère profondément l'acide sulfurique. Aussi faut-il renfermer les liquides combinés dans des flacons bouchés à l'émeri pour les soustraire à la vapeur d'eau, surtout dans une pièce humide.

CHAPITRE III.

CUIVRAGE A LA PILE DES SUBSTANCES ORGANIQUES.

Cuivrage de la plume d'autruche comme type général du procédé.

L'industrie peut trouver tous les jours des applications nouvelles dans les procédés galvaniques. Il est possible de revêtir d'une couche de cuivre d'or et d'argent non seulement les métaux, mais les matières animales et végétales. On n'a pas creusé suffisamment ce sillon.

On peut avoir recours au courant galvanique ou opérer par réduction. Nous citons un cas qui servira de thème au développement du procédé et au cuivrage des surfaces non conductrices.

Une maison importante nous avait proposé, non pas en vue de simples expériences mais dans un but commercial, de cuivrer et de dorer ou d'argenter ensuite la plume d'autruche destinée à la mode, tout en lui conservant sa souplesse et sa légèreté.

La couverture métallique ne devait être qu'une simple teinture. Il importait donc de laisser à chaque duvet son libre essor et d'éviter tout collage, défaut qui aurait laissé la plume sans valeur et sans usage.

Tous les praticiens ayant déclaré la chose impossible, nous nous mîmes à l'œuvre sans trop d'espoir, mais nous étions persuadés cependant qu'avec un peu de patience et de recherches, le but serait peut-être atteint. Le succès fut complet et les plumes d'autruche argentées et dorées à la pile ont été portées à Paris et à l'étranger. Toute idée nouvelle donne immédiatement prise à une contrefaçon et, à la saison qui suivit, les plumes furent, à l'aide d'un pulvérisateur, couvertes d'un vernis souple et saupoudrées de bronze d'or et d'argent. Il nous fallut donc renoncer à la pile qui donnait des résultats infiniment supérieurs, mais qui ne pouvait pas lutter avec une concurrence facile.

Le procédé étant susceptible d'extension, nous avons pensé qu'il ne serait pas inutile d'en parler.

Il est bon, du reste, d'attirer l'attention du lecteur sur toute application nouvelle, qui peut lui suggérer d'autres idées ; mais ce qui importe surtout, c'est de lui dévoiler les tours de main, afin qu'il ne soit pas arrêté par les insuccès au début de son travail, quand, à la piste d'une idée, il a besoin d'un guide. Il faut en outre ne pas laisser

dans l'oubli un résultat acquis, dans une partie qu'on a l'intention de traiter.

En parcourant un livre de fraîche date, traitant de matières connues, on n'y cherche pas ce qui se trouve dans les Ouvrages analogues qui l'ont précédé, mais bien un ou deux Chapitres et souvent même un simple paragraphe qui puisse fixer l'attention et faire éclore des idées qui ne se seraient jamais manifestées sans le coup de fouet donné à l'improviste à l'imagination.

Il résulte souvent, du reste, d'une tentative faite dans une voie nouvelle des résultats inattendus et d'une importance considérable.

Les recherches en vue de la dorure de la plume d'autruche qui n'a eu qu'une importance secondaire ont donné naissance à une industrie nouvelle dont les produits se chiffrent aujourd'hui par millions.

Je parle de la décoloration de la plume grise qui, par des immersions successives dans des bains acides et alcalins, finit par blanchir suffisamment pour recevoir dans tout leur éclat les couleurs d'aniline et qu'on nomme plume dégradée.

Voici l'exposé de la méthode que nous avons suivie pour la dorure de la plume et qui est applicable à toute matière d'origine végétale ou animale.

Préparation de la plume.

On opère sur des plumes déjà teintes en noir. On commence par un lavage dans un bain d'hyposulfite de soude à 10 pour 100. On rince et l'on passe les plumes dans un bain léger d'amidon dissous dans l'eau froide. On sèche en agitant plusieurs plumes à la fois attachées à une baguette flexible qui permet de fouetter l'air. Les duvets ne se collent pas en opérant ainsi et l'amidon intercalé entre les ramures des duvets les isole en se détachant en poussière.

Métallisation.

On métallise en plongeant la plume dans une éprouvette de $0^m,25$ de hauteur et d'un diamètre étroit pour n'employer que le moins possible du bain qui suit :

Eau distillée	250^{gr}
Nitrate d'argent fondu ou cristallisé	15

On laisse la plume cinq ou six minutes dans le liquide et on la retire pour la suspendre au-dessus d'une cuvette en porcelaine, qui reçoit l'excédent du mouillage qu'on reporte dans l'éprouvette.

Les plumes sont séchées, comme précédemment, à l'aide de la baguette pour faciliter l'épanouissement des duvets.

Réduction de l'argent.

Cette opération est délicate. Elle ne serait pas sans danger si l'on négligeait de s'entourer des précautions dont il sera parlé.

Le bain à métalliser se prépare dans une cuvette plate; en voici la formule :

Sulfure de carbone.	100cc
Phosphore blanc.	0gr,25

Ce poids de phosphore représente en volume la grosseur d'un pois moyen. Il ne faut pas dépasser cette quantité. Le commerce livre le phosphore en bâton et toujours dans l'eau. C'est également sous l'eau qu'il faut couper avec des ciseaux le fragment qu'on doit employer. On le porte dans le sulfure avec une précelle.

Après la dissolution du phosphore, la plume est trempée dans le bain et on la maintient pendant trois ou quatre secondes au-dessus de la cuvette qui reçoit l'excès de sulfure.

Il se dégage aussitôt de la plume des vapeurs abondantes de phosphore. Il faut la secouer vivement et sans attendre quand ces vapeurs s'élèvent de tous les points de la surface. Si l'on tardait à l'agiter, la plume ou le corps organique métallisé s'enflammerait.

Si, d'autre part, on n'attendait pas le dégagement des vapeurs, la réduction de l'argent serait incom-

plète. Quand la plume a été secouée, tout danger a disparu.

Il faut choisir, avons-nous dit, des plumes teintes en noir par le procédé ordinaire. La noix de galle, qui entre dans la composition de la teinture noire et qui forme du gallate de fer par sa combinaison avec le sulfate de fer, contribue à la métallisation.

La plume ne doit être descendue dans le bain de cuivre qu'autant qu'elle a un aspect de noir argenté virant sur le gris avec éclat métallique.

On n'arrive pas à ce résultat par une seule immersion dans le bain d'argent et ensuite dans le sulfure de carbone. Il faut y revenir à trois fois et à chaque immersion dans le bain d'argent, la plume doit être séchée à la baguette. Le séchage après le bain de sulfure de carbone est instantané.

Il est bon, quand on le peut, d'abandonner les plumes et les substances organiques ainsi préparées aux rayons de soleil, mais elles doivent être passées le jour même, au bain de cuivre si l'on veut y en un dépôt métallique brillant.

Si l'on ne devait mettre les piles en activité que le lendemain, il faudrait avoir recours une fois encore au bain d'argent et de sulfure.

Nous avons dit que la métallisation au sulfure n'était pas sans danger. Nous ajoutons que ces dangers sont sérieux.

Il peut y avoir inflammation spontanée, et cet

accident se produit quand le sulfure s'évaporant (c'est le plus volatil des liquides), laisse au fond du récipient le phosphore à sec. L'inflammation se produit également et dans d'autres conditions dans un milieu chauffé à plus de 35°.

Quand la métallisation est achevée, le bain additionné d'un tiers de sulfure est renfermé dans un flacon en verre à large goulot et bouché à l'émeri. On doit le laisser à l'extérieur dans une cour ou dans un jardin.

A moins qu'il ne s'agisse de préparer un objet peu volumineux, on ne doit se servir qu'à l'extérieur du réducteur au phosphore. Les gouttes de ce liquide dangereux, projetées dans un appartement sur le parquet ou sur les tentures, seraient tout autant de causes d'incendie.

Disposition à donner à la plume avant la mise au bain.

Dans les dépôts avec épaisseur, et même dans l'application du cuivrage pelliculaire sur les métaux, il importe peu, dans la plupart des cas, que le moule ou le métal se couvre dans un temps plus ou moins court.

Les moules en gutta ou en cire n'ont rien à craindre du contact du liquide. Le dépôt ne doit être rapide hors notre cas que sur la gélatine. Il faut, pour une surface de cette nature, qu'il

s'agisse d'héliographie ou de simple moulage, que l'objet soit couvert presque instantanément. La gélatine bien que tannée par l'alun ou autrement serait pénétrée par le liquide, et les traits du dessin ou les lignes de l'objet moulé seraient grossis dans le contre-type.

Ce n'est pas un inconvénient de ce genre qui nous gênerait dans le cuivrage de la plume des tissus ou de la dentelle. Mais le dépôt qui ne serait pas presque instantané manquerait de brillant, et tout dépôt gris et sans éclat ne donnerait que des produits de rebut et sans emploi.

Il faut multiplier les points de contact à l'infini.

On prépare deux cadres en bois léger ou mieux en caoutchouc durci, bien d'aplomb, solidement assemblés et s'ajustant exactement l'un sur l'autre.

On perce à la vrille fine et à $0^m,002$ de distance des trous à l'envers des faces qui doivent être superposées. Ces ouvertures reçoivent des chevilles en bois dur de $0^m,003$ ou $0^m,004$ de longueur, et on tend, en s'agrafant sur les chevilles placées en arrière, des fils de cuivre argentés du numéro le plus fin et que l'industrie fournit, sur les deux faces des cadres qui doivent être juxtaposés. On transforme ainsi chacun des deux cadres en une espèce de crible. Les fils métalliques sont tendus sur chaque cadre en long et en travers, mais sans être tressés. Il ne faut pas négliger ce détail.

On emprisonne la plume en étalant les duvets entre les deux surfaces métalliques qui sont à jour pour laisser un libre passage au bain et l'on serre les cadres superposés en haut et en bas avec deux anneaux en caoutchouc.

On descend alors l'appareil dans le bain.

Le dépôt de cuivre doit être en quelque sorte instantané, si l'on veut avoir sur la plume le brillant du métal bruni. Après une minute d'immersion, l'appareil est retiré du bain, et l'on déplace la plume car le métal n'a pas été déposé sur les points masqués par les fils.

On rajuste l'appareil et l'on remet au bain. La surface entière de la plume est alors uniformément recouverte sur les deux faces. On rince immédiatement à l'eau fraîche et l'on argente ou l'on dore au trempé. Les deux couvertures de cuivre, d'argent ou d'or, d'une adhérence parfaite, ne donnent aucune raideur à la plume. La souplesse du duvet ou du tissu reste ce qu'elle était avant l'opération.

La plume cuivrée se frise au couteau comme à l'état naturel et sans offrir plus de résistance.

Nous avons dit que cette opération était faite à l'aide d'un bain alcalin. Le résultat dépend de la bonne composition de ce bain et de son entretien. Cette méthode de cuivrage étant susceptible d'une foule d'application, nous croyons utile d'indiquer la formule du bain, le moyen de le tenir en état et la force du courant nécessaire pour que le dépôt

soit instantané et brillant dans le cuivrage des corps souples et non métalliques.

Cyanure de potassium.	800gr
Cyanure de cuivre.	300gr
Eau ordinaire	20lit

On filtre et le bain est prêt à fonctionner. Si le cyanure contenait trop de potasse, le cyanure de cuivre ne serait pas entièrement dissous. Pour obtenir un bain limpide, on ajouterait du cyanure de potassium en quantité pour dissoudre le sel de cuivre.

On peut préparer encore ce bain de la manière suivante.

On fait dissoudre séparement dans 2lit d'eau :

Sulfate de cuivre.	100gr
Carbonate de potasse.	100

Après mélange, on recueille le précipité sur un filtre et, sans attendre qu'il soit sec, on le dissout dans du cyanure de potassium en solution dans l'eau.

On ajoute du cyanure jusqu'à complète dissolution pour transformer le carbonate de cuivre en cyanure du même métal. On étend le bain d'une quantité d'eau suffisante pour rentrer comme densité dans la formule qui précède. On se sert du pèse-sel pour s'assurer du résultat.

La cuve doit contenir peu de liquide. On la double en gutta. Elle peut avoir 0m,60 de pro-

fondeur, $0^m,20$ de largeur et $0^m,15$ d'épaisseur. $60 \times 20 \times 15$.

L'appareil générateur de l'électricité est séparé du bain qui ne doit renfermer qu'une anode la plus large possible en cuivre rouge qu'on décape après chaque opération.

A défaut de la machine Gramme, il faut absolument se servir de la pile de Bunsen, la seule capable de fournir l'intensité de courant dont on a besoin.

Dans le cuivrage pelliculaire de la fonte et du zinc, 3 ou 4 éléments de $0^m,30$ réunis en batterie fournissent un courant suffisant.

Mais, pour le cas présent, le résultat dépend de l'intensité du courant.

Le dépôt métallique doit être brillant, et on ne l'obtiendra que si l'on dispose d'une force décomposante suffisante.

Nous avons toujours couplé en quantité de 16 à 20 éléments de $0^m,20$ et les résultats n'étaient satisfaisants qu'autant que la batterie conservait toute son énergie.

Il n'est pas facile de diriger ce bain, à cause du courant énergique qui le travaille. L'anode de cuivre, qui a une très grande surface, fournit continuellement au bain, et l'oxyde de cuivre n'y trouvant pas une proportion suffisante de cyanure capable de le dissoudre, s'entasse à la surface sous forme de mousse verdâtre.

Il faut donc y ajouter souvent du cyanure dissous dans l'eau et parer à l'excès contraire par l'addition d'une solution de sulfate et mieux de cyanure de cuivre.

Argenture des plumes, etc.

L'argenture des plumes et des tissus se fait au trempé, sans l'aide de la pile.

En opérant autrement, on s'exposerait à perdre le brillant, et l'argent déposé n'aurait pas la blancheur nécessaire.

Voici la formule du bain :

Eau distillée.	1000gr
Cyanure d'argent.	20
Cyanure de potassium pur (en solution) en quantité suffisante pour dissoudre le cyanure d'argent.	

Le cyanure d'argent doit être préparé dans le laboratoire. Il ne donne un dépôt d'un beau blanc qu'autant qu'il est redissous le jour même de sa préparation pour former le bain.

La force du courant que nous avons indiquée, le procédé et les moyens sur lesquels nous appelons l'attention du lecteur, pourront être discutés. Ceci importe peu. Les résultats nous ont donné raison.

On obtiendra le cyanure d'argent par voie de double décomposition.

On fera dissoudre dans une éprouvette de 2lit et d'un faible diamètre, pour avoir une colonne élevée

de liquide, 25gr d'azotate d'argent fondu aussi neutre que possible.

Il faut avoir, d'autre part, sous la main une solution à 20 pour 100 plus ou moins, de cyanure pur cristallisé, dans un flacon.

Le cyanure est versé goutte à goutte dans l'éprouvette renfermant la solution d'azotate.

Chaque goutte qui se mêle au liquide se transforme en cyanure d'argent et descend dans le fond de l'éprouvette, sous forme de flocons de neige. On ajoute ensuite le cyanure de potassium pour redissoudre le cyanure d'argent.

Ce bain filtré est versé dans une éprouvette en verre. Il ne peut servir qu'une seule fois. La seconde plume manquerait de blancheur ; aussi faut-il n'en prendre dans l'éprouvette que la quantité nécessaire.

La partie qui a servi peut être mêlée au bain qui fonctionne à la pile, pour l'argenture du métal.

Au sortir de l'éprouvette, la plume et les tissus sont lavés à l'eau distillée et séchés par le moyen ordinaire.

Dorure.

La plume est dorée par le même procédé, dans le bain au pyrophosphate, suivant la formule déjà donnée.

Le dépôt d'or réussit moins bien que l'argenture.

Il prend une couleur trop rouge dans la capsule qui remplace l'éprouvette. Le trempé se fait à chaud, à la température de 30°.

La dorure reste pâle, mais d'une bonne tonalité, si l'or est déposé sur la plume préalablement argentée.

TROISIÈME PARTIE.

CHAPITRE PREMIER

GALVANOPLASTIE.

La Galvanoplastie, dans le sens strict du mot, a pour objet la reproduction, en métal et par moulage, des modèles créés par l'artiste et des types pris sur nature quels qu'ils soient.

On voit, d'après cet exposé, que tout ce qui peut être vu ou touché peut être reproduit par le courant électrique.

Le dessin linéaire ou estompé est assujetti au moulage. La lumière transforme la ligne et l'ombre et leur communique le relief nécessaire.

La Galvanoplastie, en tant que moyen de reproduction, nécessite donc deux opérations distinctes l'une de l'autre :

1° Le dépôt métallique qui nous est déjà connu, mais qui est obtenu dans la plupart des cas par un procédé qui diffère dans l'application, mais toujours avec le sel de cuivre simple.

2° Le moulage.

Cette seconde opération est de beaucoup plus compliquée que la première. Elle offre dans l'application industrielle des difficultés sérieuses.

C'est un art à part, dont la connaissance est nécessaire à l'opérateur, qui doit en connaître toutes les ressources.

Bain de cuivre acide.

Le bain de cuivre est préparé dans un récipient quelconque, où l'on met une quantité d'eau suffisante pour remplir le vase, et ensuite du sulfate de cuivre jusqu'au point de saturation.

L'eau est saturée quand les cristaux de sulfate refusent de se dissoudre.

La solution du sulfate de cuivre marche plus vite, en suspendant le sel noué dans une toile, dans l'eau du vase.

On connaît la quantité d'eau employée et l'on ajoute au liquide 10cc d'acide sulfurique par litre d'eau. Le bain s'éclaircit immédiatement. Les chlorures provenant de l'eau et quelquefois du sulfate de cuivre sont précipités, et la solution a une couleur vert-bleu. Le bain est prêt à fonctionner. Il marque 25° au pèse-sel. En hiver, la température ne doit pas descendre au-dessous de 12°.

On peut, sans filtrer le bain, le décanter dans la cuve à décomposition pour enlever le dépôt qui s'est formé.

Le bain d'amateur peut fonctionner dans un vase quelconque en porcelaine, en grès ou en verre. Un vase de 10^{lit} n'est pas trop grand, même pour les essais. Le dépôt se fait plus régulièrement dans un bain comportant un certain volume de liquide.

Le vase en verre permet de suivre l'opération et de la surveiller sans déranger le courant.

On se sert plus généralement d'une cuve en bois doublée de gutta-percha; mais une doublure en plomb, surtout pour les grands bains employés dans l'industrie, est de beaucoup préférable.

Deux méthodes peuvent être suivies pour déposer le cuivre dans le moule.

On se sert de l'appareil simple ou de l'appareil à double décomposition.

Dans l'appareil simple, le bain et la pile sont à la fois dans la cuve.

Dans l'appareil composé, la pile est extérieure et l'électricité est amenée dans le bain par le fil positif qui est fixé à l'anode en cuivre. Le courant, après avoir traversé l'eau saturée de cuivre, s'écoule par le pôle négatif qui est relié au moule où le cuivre se dépose.

Quand on ne dispose pas d'une machine électrodynamique, et c'est le cas pour l'amateur, on se sert de la pile de Daniell, de la pile de Callaud ou de la pile de Bunsen. Ce dernier élément est le meilleur pour l'emploi.

Appareil simple. — Disposition des pièces dans le bain.

Nous conseillons d'ajouter 15gr ou 20gr de suie calcinée avant de filtrer ou de décanter le bain. La suie a la propriété de vieillir le bain qui donne alors un dépôt plus souple et plus régulier, mais cette addition peut être omise.

Le bain est versé dans le vase en verre. Un récipient transparent convient mieux à l'opérateur peu expérimenté. On descend dans la cuve un vase poreux qu'on a mis à tremper quelques heures avant pour activer la pénétration de l'acide. Ce vase poreux reçoit un cylindre en zinc amalgamé et mieux une lame épaisse du même métal.

Le vase poreux est ensuite rempli d'eau acidulée au dixième par l'acide sulfurique; on mêle à l'eau acidulée quelques grammes de bisulfate de mercure pour protéger le zinc.

Le zinc est relié à un cercle en fil de cuivre de quelques millimètres de diamètre, dont la circonférence est réduite à la moitié de l'ouverture du vase en verre, et on le fixe solidement par des crochets sur le haut de la cuve. C'est à ce fil circulaire que les pièces sont suspendues.

On n'oubliera pas que les objets à cuivrer ne doivent être descendus dans le bain qu'après avoir établi le contact du cercle en cuivre avec le zinc.

Ce cercle en cuivre n'est qu'accessoire. Il permet de galvaniser plusieurs pièces à la fois.

Il suffit, pour un seul objet, de relier au zinc le fil conducteur qui le soutient.

Si la pièce à couvrir est une médaille en relief, on reproduit en creux pour avoir le relief définitif par un second dépôt. Le poids du métal fera descendre le type dans le bain.

Mais si l'on opère par surmoulage, on suspendra un bloc de verre au moule en gutta-percha pour le forcer à descendre dans le bain.

Il faut $0^m,03$ ou $0^m,04$ d'épaisseur de bain en dessus et en dessous de l'objet immergé.

Pendant l'opération, le moule doit changer de position. Le côté qui occupe le fond du vase doit être retourné en sens contraire pour éviter que le dépôt ne soit plus épais sur la partie du bas où le bain est toujours plus riche en métal.

Pour obvier à cette inégalité de densité, on suspend sur les bords de la cuve de petites auges en gutta-percha percées de trous qui plongent à moitié dans le bain ou des nouets en toile remplis de sulfate de cuivre. On remplace à mesure le sel qui se dissout.

Le bain, alimenté par le haut, garde alors sa densité et cette densité se maintient à peu près égale dans toute la profondeur de la cuve. La cuve peut recevoir un nombre indéterminé de vases poreux pourvu que les zincs soient reliés ensemble

sur une tige de cuivre résistante. Les objets à couvrir, dont il faut cependant restreindre le nombre, sont reliés à cette tige.

Il n'y a pas de règle fixe pour la construction de l'appareil. Ce soin est laissé à l'intelligence et à la fantaisie de l'opérateur.

Mais, en général, on emploie les vases cylindriques pour les objets en ronde bosse qui affectent cette forme. On range alors les vases poreux sur les bords de la cuve et l'objet à couvrir occupe le milieu du bain qui est le centre électrique de l'appareil. On préfère la cuve carrée qui est plus commode pour les bas-reliefs et les planches gravées. Les vases poreux sont rangés en ligne droite dans le milieu de la cuve et l'on suspend les pièces à couvrir des deux côtés, entre les bords de la cuve et les vases poreux.

L'appareil simple n'est au fond qu'un élément de Daniell. Le zinc attaqué par l'acide qu'on introduit toujours en petite quantité dans le vase poreux décompose l'eau, et l'oxygène forme de l'oxyde de zinc en se combinant avec ce métal. L'hydrogène libre traverse le vase poreux par exosmose et réduit la solution de sulfate de cuivre.

L'acide sulfurique libre, qui pénètre ensuite dans le vase poreux par endosmose, entretient l'acidité de l'eau, et le dépôt de cuivre augmente à mesure que le sulfate de cuivre qu'on ajoute au bain est réduit.

La force électro-motrice de l'appareil est d'un volt. Cette force s'accroît en raison du nombre des vases poreux.

Appareil composé.

Nous avons vu que, dans l'appareil composé, la source d'électricité est au dehors de la cuve. C'est l'appareil qui sert à la dorure et à l'argenture. La disposition des pièces dans le bain est la même.

Trois éléments de Bunsen, qui représentent 4 volts environ, suffisent à un bain de 25^{lit}.

L'appareil simple fonctionne sans anode, mais une anode en cuivre doit plonger dans la cuve qui reçoit le courant de l'extérieur.

L'anode, qui est insuffisante pour entretenir la richesse du bain, ne dispense pas des auges en gutta-percha chargées de cristaux de cuivre, suspendues aux bords de la cuve.

Le dépôt de cuivre est spongieux et sans dureté quand le bain s'affaiblit. Un cuivre rosé et brillant révèle un courant normal et régulier, mais si le cuivre devient granuleux, s'il brunit, le courant est trop fort, il faut enlever un élément à la batterie.

Pour opérer dans les meilleures conditions possibles, on donnera au zinc des piles prises dans leur ensemble, et à l'anode des dimensions égales à celles de la pièce à couvrir.

Quel que soit l'appareil employé, simple ou composé, une solution de sulfate de cuivre concentré dépose au maximum environ 1gr,5 par centimètre carré en 24 heures. Mais le dépôt est alors rouge et granuleux.

Le dépôt se forme dans des conditions normales si le poids de cuivre atteint seulement 1gr par 24 heures. L'appareil composé est seul capable de fournir cette quantité de métal. L'appareil simple ne réduit que 0gr,5 dans le même temps, avec un courant moyen et capable de fournir un cuivre doux, flexible et brillant.

On doit, pour un dépôt sur gélatine qui doit s'effectuer le plus promptement possible, n'employer qu'un bain de cuivre d'une densité moyenne. Le courant est produit par un seul élément de Bunsen. La température du milieu doit être de 40° centigrades.

On peut encore utiliser dans ce cas l'appareil simple renversé, en se conformant aux indications que nous avons données plus loin, en parlant du procédé Lenoir.

Qu'il s'agisse du reste de reproduire des types par les moules en gutta-percha ou de cuivrer des plâtres à moule perdu, l'emploi de l'appareil simple doit avoir la préférence.

Tous les galvanoplastes ont adopté cette méthode.

L'appareil composé convient à la dorure, à l'argenture, au nickelage et à la reproduction des

planches de cuivre. C'est l'appareil simple actionné par la pile Clamont qui sert, au ministère de la guerre, à la reproduction de la carte de France. Plusieurs électrotypeurs cependant préfèrent l'appareil composé.

Galvanoplastie d'or et d'argent.

Ce n'est pas seulement le cuivre qui peut être déposé avec épaisseur dans les moules, on reproduit encore les modèles par des dépôts d'or et d'argent.

La méthode et la disposition des pièces dans le bain diffèrent très peu de celles que nous avons indiquées en parlant du bain de sulfate de cuivre. L'opération est plus lente et plus difficile, car le courant dans ce cas est appelé à décomposer un sel double.

Les moules en gutta-percha simplement plombaginée, quoique bons conducteurs, cèdent à l'énergie désoxydante du cyanure de potassium.

Les piles, pour la bonne direction de l'opération, doivent être extérieures et l'on se sert d'anodes. Il faut donner peu d'énergie au courant. Un dépôt gris et pulvérulent indique un excès d'électricité.

BAIN.

Eau distillée.	500cc
Cyanure de potassium	200gr
Azotate d'argent.	40

On transforme d'abord l'azotate en cyanure d'argent et on l'introduit sous cette forme dans le bain.

BAIN POUR DÉPÔT D'OR.

Eau distillée	500cc
Chlorure d'or.	25gr
Cyanure de potassium.	75

La galvanoplastie d'or et d'argent n'est en usage que dans les ateliers de bijouterie, pour la reproduction des médaillons et des pièces qui ne présentent pas de grandes surfaces. Elle est cependant applicable sur une plus grande échelle.

Les moules en gutta-percha ne réussissent qu'à demi. Les finesses du type sont toujours plus ou moins attaquées par le cyanure, mais on tourne cette difficulté en fixant dans le moule un premier dépôt superficiel dans le bain de sulfate.

L'argent s'y porte alors facilement pour y former un dépôt régulier.

Après le démoulage, on laisse digérer la copie dans un bain d'ammoniaque pure ou d'acide azotique très dilué qui ronge, après un certain temps, la couche de cuivre et qui met l'argent à découvert.

On moule souvent à la presse en appliquant une feuille mince de plomb décapée sur une feuille de gutta-percha ramollie sans excès sur le côté qui reçoit le plomb. Par pression, le plomb, protégé par la gutta qui le maintient, prend toutes les

finesses du modèle. On laisse le métal dans son enveloppe en descendant le moule dans l'auge, qui n'est qu'un vase en verre d'un ou deux litres. On réduit autant que possible les proportions du récipient pour ces dissolutions où le métal précieux est en quantité.

On estampe une médaille au balancier en interposant une feuille de cuivre, de plomb ou d'étain.

Les alliages fusibles fournissent encore de belles empreintes.

En fondant à la cuillère, à poids égal, du plomb, de l'étain et du bismuth, on obtient un métal souple et ductile qui fond à 200°.

On verse une partie de cet alliage sur une table et l'on attend que le métal se refroidisse. On profite du moment où il se fige en conservant assez de chaleur.

L'objet dont on veut prendre l'empreinte est appliqué sur le métal ramolli, puis on pose par-dessus quelques doubles de flanelle et une latte en bois, si l'on n'a pas de presse, qu'on tient à la main pour maintenir l'aplomb et le contact. On frappe alors un coup sec.

Le moulage à la gutta-percha peut rendre d'éminents services dans tous les moulages à recouvrir par le bain de cyanure d'argent, si l'on fait un premier dépôt d'argent dont l'épaisseur peut être augmentée à volonté par la méthode expliquée dans l'étamage des glaces, qu'on trouvera plus loin.

Bronzage.

I. — Les dépôts galvanoplastiques, médailles, bustes, statues, reçoivent une mise en couleur qui leur donne un cachet plus artistique et qui fait disparaître le ton cru du cuivre rouge.

BRONZE POUR MÉDAILLES.

N° 1.	Carbonate d'ammoniaque.	50gr
	Acétate de cuivre.	25
	Acide pyroligneux.	500cc

Après dissolution, on évapore à sec dans une capsule en porcelaine et l'on ajoute :

N° 2.	Acide pyroligneux.	500cc
	Chlorhydrate d'ammoniaque. . . .	5gr
	Acide oxalique.	1

La médaille est plongée dans le liquide bouillant. On lave à l'eau fraîche et l'on frictionne le métal, quand il est sec, avec une brosse douce passée sur un pain de cire jaune.

II. — On communique à la médaille un ton agréable en la frottant avec un peu de plombagine. Le ton est modifié par une légère addition de sanguine ou de rouge anglais. Le métal est ensuite passé à la cire.

On chauffe la médaille avant d'appliquer la plombagine.

III. — Vert antique.

Acide pyroligneux.	500cc
Chlorhydrate d'ammoniaque. . . .	8gr
Sel de cuisine.	8
Ammoniaque liquide.	15

IV. — Même ton.

Acide acétique.	100cc
Chlorhydrate d'ammoniaque. . . .	2gr
Acide oxalique.	1

V. — Le cuivre prend une couleur brun foncé dans le bain suivant :

Eau	500gr
Sulfhydrate d'ammoniaque.	10cc

Le cuivre est chauffé avant l'immersion.

VI. — Bronzage riche des dépôts en cuivre jaune.

Chlorure d'étain	1gr
Chlorure d'or.	2
Eau.	50

VII. — Gris bleuâtre.

Antimoniure de sodium.	10gr
Eau..	100cc

VIII. — Même ton plus riche.

N° 1.	Bichlorure de platine.	1gr
	Eau	120cc
N° 2.	Bichlorure de platine	4gr
	Eau	100cc
N° 3.	Crême de tartre (tartrate de potasse)	6gr
	Eau	100cc

Le cuivre bien décapé est d'abord plongé dans la solution de tartrate de potasse légèrement chauffée et ensuite dans le premier bain de platine. On renforce ce premier ton trop gris par une immersion dans le bain n° 2 plus concentré. On lave et l'on passe à la cire quand le cuivre est sec.

IX.

Eau	100cc
Perchlorure de fer.	2gr

L'objet est mis en contact pendant quelques secondes avec cette solution. Le cuivre serait attaqué par une immersion plus longue. Le métal est légèrement chauffé. La pièce, lavée à l'eau fraîche et séchée, est passée à la cire.

Les objets qu'on veut bronzer doivent subir un décapage très soigné.

La brosse qui est passée sur la cire doit à peine effleurer le cuivre. Ce n'est pas par une friction énergique qu'on amènerait le résultat ni le brillant.

Métallisation.

PLOMBAGINE. — BRONZE EN POUDRE. — AZOTATE D'ARGENT RÉDUIT PAR LE PHOSPHORE.

Le cuivre ne se dépose que sur les corps bons conducteurs.

Tous les métaux sont de ce nombre.

Les substances organiques : gutta-percha, cire, stéarine, gélatine, le bois, les oxydes, hydrates, le plâtre, par exemple, sont mauvais conducteurs.

Ces substances, pour lesquelles le courant n'a pas de sympathie, sont rendues conductrices par une friction à la plombagine (graphite) ou aux poudres de bronze. On peut les couvrir encore, au trempé ou au pinceau, d'une solution d'azotate d'argent dans l'eau et dans l'alcool, suivant la nature de la substance. L'argent est ensuite réduit par l'hydrogène ou par les vapeurs de phosphore. Le phosphore est supérieur à l'hydrogène comme agent réducteur.

La plombagine remplace à mérite égal l'argent réduit. On s'en sert pour métalliser les corps résistants qui peuvent supporter la friction d'une brosse dure sans être entamés et sur lesquels le graphite peut recevoir le poli du métal.

La plombagine argentée ou dorée n'est pas meilleure conductrice que le graphite ordinaire. Ce produit pour être bon doit être d'un gris acier et de plus souple et onctueux sous les doigts.

L'azotate d'argent réduit par le phosphore est plus généralement appliqué sur les surfaces flexibles, molles ou délicates par nature, qui ne supporteraient pas la friction et qui seraient empâtées par la plombagine. On métallise par ce procédé la plume, la laine, la soie et les tissus en général et enfin les moules en gélatine, sous certaines réserves.

Voici une méthode excellente pour métalliser les brins d'herbe, les scarabées, les feuilles, les menus objets en sparterie et toute matière flexible qui ne supporterait pas une application de vernis et de plombagine. On prépare la dissolution suivante :

Alcool à 40°.	40cc
Éther à 60°..	60cc
Iodure de potassium..	1gr
Coton azotique..	1gr

Ce collodion est préparé dans un flacon où les matières sont secouées jusqu'à complète dissolution. On filtre la préparation sur un tampon de coton imbibé d'alcool.

Les pièces sont trempées dans le liquide et le collodion en séchant ne laisse aucune épaisseur sensible. On plonge ensuite la couche de collodion dès qu'elle a fait prise, dans un bain d'azotate d'argent à 10 pour 100. On expose ensuite en pleine lumière. Quelques secondes suffisent.

Mais il faut attendre, avant de retirer les objets du bain d'argent, que le liquide coule régulièrement sans laisser apparaître des taches huileuses qui indiqueraient un mouillage insuffisant.

L'exposition au jour est nécessaire; c'est la lumière qui prédispose l'iodure d'argent à sa réduction en métal qui, sans cela, resterait incomplète, en admettant même que l'on complétât le réducteur dont la formule suit :

Eau ordinaire	500cc
Sulfate de fer	25gr
Acide acétique ou citrique.	25

Les objets à couvrir de cuivre sont plongés pendant une demi-minute dans ce réducteur. On les lave ensuite avant de les introduire dans le bain.

Ce n'est pas une reproduction, c'est-à-dire une copie de ces pièces qui est à faire, il ne s'agit ici que d'envelopper les brins d'herbe ou les scarabées d'une couche légère de cuivre pour leur donner l'apparence et la solidité du métal.

C'est, en un mot, le cuivrage à moule perdu qui sera traité dans un Chapitre spécial. Nous n'en parlons ici qu'au point de vue de la métallisation.

Avant d'attaquer les travaux compliqués, le débutant s'exercera sur les corps bons conducteurs. Il reproduira les médailles, les bas-reliefs de dépouille. Il se bornera à obtenir le creux d'un modèle plat, et il se servira de ce creux pour avoir le type en relief.

Il ne faut pas oublier que la surface à couvrir doit être parfaitement décapée et que cette surface qui va recevoir un dépôt, qui n'est au fond qu'un moule, doit être, avant la mise au bain, frictionnée avec un corps gras. On essuie après. Cette couche intermédiaire ne doit laisser aucune trace apparente sur le type. Le suif peut être remplacé par des vapeurs d'iode. On place des paillettes d'iode

dans une capsule très légèrement chauffée et la pièce en cuivre placée au-dessus du récipient est en quelques secondes recouverte d'iodure de cuivre Une friction à la plombagine remplacerait l'iode et le corps gras.

Cette couche intermédiaire sans épaisseur permet de séparer deux surfaces composées d'un même métal.

Cette opération préliminaire a moins d'importance si le dépôt de cuivre se fait sur un type en or, en argent, en nickel, ou même si le type en cuivre est protégé par une couche quelconque d'un autre métal. Deux métaux hétérogènes se séparent toujours par un choc léger. Il n'y a jamais soudure entre deux surfaces dont l'une a été juxtaposée sur l'autre par le courant électrique; cependant deux surfaces de même nature, cuivre sur cuivre, or sur or, contractent une certaine adhérence, les atomes ayant à peu de chose près la même agrégation.

Dans tous les cas possibles, cependant, il est prudent d'avoir recours à la couche intermédiaire quand le dépôt de cuivre se fixe sur un autre métal.

CHAPITRE II.

MOULAGE.

La gutta-percha a considérablement simplifié le moulage.

L'emploi de cette gomme en Galvanoplastie, qui remonte à une vingtaine d'années, est le point de départ de l'application industrielle du procédé. La gutta-percha a produit en Galvanoplastie une révolution semblable à celle du gélatinobromure en Photographie.

Il a suffi pour faire faire un pas immense à ces deux applications scientifiques, qui quoique distinctes ont plus d'un point de contact, de substituer dans la première la gutta aux matières plastiques en usage et, dans l'autre, la gélatine au coton-poudre.

La gutta, pas plus que l'emploi de la gélatine, ne constituent l'une l'invention de la Galvanoplastie et l'autre celle de la Photographie, mais l'introduction de ces produits dans la manipu-

lation n'en est pas moins le complément de ces deux méthodes qui se tiennent par la main et qui ont la même origine. Électricité, lumière, deux manifestations d'une même force.

Le métal Darcet, le soufre, la stéarine, la mie de pain et les mélanges combinés par les premiers galvanoplastes ont droit d'asile dans un Traité de ce genre, mais ces matières plastiques doivent être éliminées de fait dans l'application. Nous ne nous occuperons que de quatre produits qui répondent à toutes les exigences du moulage et qui se prêtent, chacun à tour de rôle, suivant le cas, à la production des moules en creux et en relief nécessaires à la reproduction du type.

Ces produits sont : la gutta-percha, la cire, la gélatine et le plâtre. Le plâtre et la gélatine se complètent l'un par l'autre.

Moulage à la gutta-percha.

Le moulage à la gutta-percha s'exécute de plusieurs manières.

On moule : 1° au four ou à l'étuve, 2° à la boule, 3° à la feuille, 4° à la presse.

Le moulage au four ou à l'étuve est le plus défectueux. La matière plastique se détériore en peu de temps et le produit dont le prix est élevé doit être ménagé.

Nous en avons employé plus de 1000kg pour le

moulage d'une seule statue. Mais d'autres considérations devraient faire condamner cette méthode.

Il est rare que des bulles d'air ne s'interposent pas entre le modèle et le moule. Ces bulles d'air incompressibles laissent suivant leur volume des piqûres ou des vides qui rendent le moule défectueux.

Il faut plus tard enlever à la lime ou à l'échoppe les excroissances du métal qui déparent le contre-type.

Pour mouler à l'étuve ou au four on coupe un morceau de gutta sur une feuille de $0^m,02$ ou $0^m,03$ d'épaisseur qu'on assujettit sur le modèle placé dans un cercle ou dans un carré en fer dont les bords dépassent de quelques centimètres en hauteur l'épaisseur de la gutta-percha. On coupe la gutta à la scie ou avec un couteau à lame recourbée qu'on chauffe légèrement.

La forme renfermant le modèle et la gutta est ensuite portée dans un milieu modérément chauffé où la matière ramollie par la chaleur s'affaisse et descend sur toutes les parties du modèle.

La forme, qui est une boîte ronde sans fond ni couvercle, ovale ou parallélogrammatique suivant le modèle, est portée dans l'étuve sur une plaque en fonte rabotée. Les bordures, pendant la fusion, retiennent la gutta-percha qui ne pouvant s'étendre plus loin que les limites du modèle, garde

une épaisseur nécessaire au cuivrage dans les points qui correspondent aux parties les plus creuses du moule et qui sont la contre-partie des reliefs du type.

On comprend que trop de chaleur brûlerait la matière plastique qui doit être amenée seulement à point, pour couler comme un vernis épais.

Le démoulage se fait une demi-heure après, quand la gutta tout à fait raffermie conserve cependant un reste de la souplesse qui lui a été communiquée par la chaleur.

Il n'est pas toujours possible de relever le moule fait d'une seule pièce.

On désigne par deux mots techniques ou mieux d'atelier les surfaces à mouler.

Un type est *de dépouille* quand le creux en gutta-percha peut être retiré d'une seule pièce.

Il est *hors dépouille* si le moulage ne peut en être fait que par parties séparées. Dans ce cas, on est obligé de rajuster par des soudures les coquilles en cuivre qui reconstitueront le modèle.

Un sujet sur bois ou sur métal peut être sculpté en demi-relief, en relief ou en bas-relief, c'est-à-dire en ronde bosse.

Le demi-relief est toujours de dépouille, le relief sans exception est dans le même cas. La ronde bosse peut ne pas être de dépouille ou hors dépouille.

Un buste, par exemple, est un type hors dépouille.

Le moulage en creux ne peut en être fait qu'en deux coquilles.

On moule d'abord la face et ensuite le revers. Les hauts-reliefs en ronde bosse qui sont presque toujours hors dépouille ne se moulent pas à la gutta-percha, mais à la gélatine, qui est plus souple, plus élastique et qui, coulant quand elle est chaude dans les parties rentrantes du modèle, peut en être retirée sans déchirure après refroidissement.

Moulage à la boule et à la feuille.

La gutta-percha se ramollit très facilement dans l'eau bouillante.

Le produit qui n'est plus neuf et qui a déjà servi plusieurs fois est plus souple et fournit des empreintes plus fines, à condition qu'il soit épuré de temps en temps et que la plombagine n'y soit pas incorporée en trop grande quantité.

Pour mouler à la boule, on soumet à l'eau bouillante les fragments et les débris de gutta-percha qui proviennent des coupures faites dans les opérations précédentes. On en ajoute au besoin.

Le produit ramolli est malaxé et pétri longtemps dans les mains trempées dans l'huile de lin pour éviter qu'il se colle aux doigts. On en écarte les parties dures trop racornies et les impuretés.

On agglomère la masse en boule dont on plom-

bagine la demi-sphère et on l'applique sur le modèle.

Il faut ensuite pétrir avec les doigts en forçant la matière plastique à pénétrer dans les parties creuses. On ne s'arrête qu'au moment où le gutta-percha prend assez de consistance pour résister à la pression de la main.

Le démoulage se fait comme nous l'avons précédemment expliqué.

Cette méthode appliquée aux modèles peu importants donne de bons moules, mais on obtient plus de finesse avec la presse.

Le moulage à la feuille diffère un peu du moulage à la boule.

On prend par cette méthode le creux des surfaces droites dont les reliefs sont peu accusés. On ramollit sur un côté seulement, celui qui doit porter sur le type, un carré de gutta-percha un peu plus grand que le modèle. La forme est inutile dans ce cas. Le côté opposé de la feuille, qui doit avoir une épaisseur en rapport avec les reliefs de l'objet, est piqué avec une pointe emmanchée sur une tige de bois, ce qui permet à l'opérateur d'approcher la gutta-percha du feu sans être incommodé.

Le ramollissement de la surface doit être plus ou moins poussé, suivant l'épaisseur de la feuille et les saillies du modèle; on les plombagine et on laisse sous pression.

Une presse à copier, à défaut d'appareil spécial

que l'industrie fournit, est à peu près indispensable pour obtenir des reproductions exactes et sans défauts, même pour le moulage des petites pièces.

Moulage à la presse.

On moule à la presse mécanique servie par un volant puissant ou à la presse hydraulique les grosses pièces qui offrent une grande surface. Le modèle mis en forme est recouvert d'une couche épaisse de gutta-percha rendue liquide dans l'eau bouillante et mieux dans un appareil spécial chauffé par la vapeur. La pression ne doit être excercée que par degrés et à mesure que la gutta prend de la consistance. On procède par coup sec, surtout vers la fin de l'opération. Le démoulage ne peut être fait qu'après complet refroidissement.

La séparation des surfaces, même pour les objets de dépouille facile, exige l'aide d'un appareil spécial.

On surmoule à la boule et par parties détachées les statues en plâtre de grandes dimensions dont on veut conserver le modèle.

On en détache les bras, la tête et souvent une partie de la draperie pour faciliter le travail.

Les coquilles en cuivre sont ensuite soudées ensemble au chalumeau à gaz, et le tout est maintenu par une carcasse en fer.

La statue rajustée est ensuite remise dans le bain de cuivre. L'ensemble s'y recouvre d'une couche uniforme de cuivre qui consolide la pièce et qui fait disparaître les traces de l'assemblage fait après coup.

Réduction des modèles par la stéarine. Moulage à la cire.

On ne moule à la stéarine que les médailles et les demi-reliefs. Le métal est légèrement chauffé avant de recevoir la couche de stéarine. On borde la médaille en collant autour de l'exergue un papier fort qui doit être légèrement humecté avec le coulage du corps gras. L'humidité s'oppose à l'adhérence du papier sur la stéarine. Le démoulage doit être fait aussitôt que la stéarine a fait prise et qu'elle peut supporter la pression du doigt sans s'affaisser.

Il est plus difficile de border un relief affectant une forme oblongue à coins arrondis; on y arrive cependant en coulant du plâtre à l'épaisseur d'un demi-centimètre sur une feuille de verre frictionnée avec un peu de suif. On découpe la couche en bandes avant qu'elle ne soit complètement prise.

Le modèle est ensuite placé sur une plaque de cuivre et on le borde en fixant avec un peu de plâtre délayé les lames de plâtre qui lui servent d'entourage.

Les angles arrondis sont fermés de la même

manière. On humecte légèrement cette cloison avant de verser la stéarine, qui ne peut être employée qu'au moment précis où elle a une tendance à se figer.

Si le moule en stéarine est relevé sur un plâtre, le modèle doit être soumis au préalable, en admettant qu'il soit sec, à une ébullition d'un quart d'heure dans un bain de stéarine.

Il ne doit en être retiré que lorsqu'il ne se dégage plus de bulles d'air à la surface du bain. La surface à mouler est plombaginée quand le moule est refroidi.

La stéarine a subi un rétrécissement très prononcé en se refroidissant. Le moule n'a pas les dimensions exactes du modèle.

Cette propriété singulière permet, par des moulages successifs de stéarine sur plâtre et de plâtre sur stéarine, de réduire le modèle.

Le plâtre doit être passé au savon et à l'huile comme le métal, avant le coulage de la stéarine. L'huile se combinerait avec la stéarine. Ce produit est extrait de la graisse. La matière adipeuse devient stéarine quand on a extrait par pression l'oléine, qui est un de ses éléments.

Le moulage à la cire n'est employé que dans la reproduction des clichés typographiques dont on veut tirer des copies. On réserve la cire mêlée de térébenthine de Venise pour les vignettes fines dont les gris sont à peine sensibles.

On trouvera les détails relatifs à ce genre d'empreintes dans notre *Traité pratique de Photolithographie et de Phototypie* (¹).

Moulage au plâtre.

Le plâtre (sulfate de chaux) est, par excellence, la matière propre au moulage pour les sujets de dépouille; mais les creux qu'on obtient sont attaqués par le bain galvanique s'ils ne sont pas soumis à une préparation spéciale qui est très incommode, surtout dans le moulage des grandes pièces.

Ce travail supplémentaire a limité l'emploi du plâtre en Galvanoplastie.

Le moule en plâtre fait d'une seule pièce ou en deux coquilles est une opération simple et facile. Mais le praticien expérimenté, le mouleur de profession, peut seul exécuter le moule à bon creux qui fournit successivement plus de cent copies. Nous n'en dirons rien, mais à regret, car ce moulage qui met l'intelligence et l'adresse en jeu est un passe-temps fait pour séduire l'amateur.

Ce qui manque au débutant, ce sont surtout les modèles. Il les trouvera chez les mouleurs qui les vendent assez cher.

Il est donc utile de savoir surmouler et de ré-

(¹) GEYMET, *Traité pratique de Photolithographie et de Phototypie*. In-18 jésus; 1882 (Paris, Gauthier-Villars.)

server un creux pour reproduire le type. Voyons donc comment on fait le creux d'un médaillon ou d'un bas-relief en plâtre et comment on tire de ce creux une série de copies.

Le médaillon reçoit la bande de papier ou de plomb en feuille, comme il a été dit dans le moulage à la stéarine. On le place après, dans une assiette remplie de sable fin, où le plâtre liquide délayé pour le moulage serait immédiatement pris et arrêterait tout écoulement, s'il restait quelque fissure entre le papier et le modèle.

On sait que le plâtre est un sulfate de chaux que la chaleur des fours décompose et qui tombe en poussière en perdant son eau de cristallisation. Il se reprend en masse dure quand l'eau dont il a été privé lui est rendue.

Le plâtre à mouler est une poudre fine qu'on se procure chez les mouleurs de profession. Il doit être de préparation récente et onctueux sous les doigts quand il est gâché.

S'il est lent à faire prise et s'il ne prend pas, quand il est sec, une dureté suffisante, le plâtre est éventé et hors d'emploi.

On désigne souvent sous le nom de *plâtre d'albâtre* le produit épuré qui sert au mouleur. C'est à tort. Le vrai plâtre d'albâtre est la sciure du gypse cristallisé qu'on trouve en blocs transparents dans les carrières d'Italie et que les fabricants de pendules emploient dans leur spécialité. Ce produit

similaire n'a aucune des propriétés requises pour le moulage.

Le type à mouler est passé à l'huile si le modèle à reproduire est en métal, et frictionné avec une dissolution de savon noir ou de savon et d'huile s'il est en plâtre. La dissolution de savon doit être passée à plusieurs reprises au pinceau. Le plâtre n'est versé sur le modèle qu'après l'absorption complète du savon. Il est alors moite sans être mouillé.

Le plâtre gâché ne doit être ni trop épais, ni trop clair. Le mouillage est une opération délicate. On place le produit dans une assiette où il s'élève en pyramide et l'on y verse l'eau peu à peu. Par capillarité, l'eau en quelques minutes atteint le sommet du monticule.

C'est alors seulement que la masse est remuée à la spatule et qu'on rend le produit plus ou moins liquide.

Mais il faut, avant de verser le plâtre, en poser au pinceau une ou plusieurs couches légères sur le modèle, c'est le seul moyen d'éviter les bulles. Quand tout le plâtre est versé, on soulève la pièce et on la frappe un coup sec sur la table, pour faire remonter l'air et pour asseoir la couche.

Le plâtre s'échauffe en faisant prise. On ne démoule qu'après refroidissement. Les surfaces se séparent sans effort en introduisant une lame fine entre le plâtre et le modèle.

Il n'est pas nécessaire de laisser sécher le plâtre pour tirer des copies du creux qu'on a relevé. On en savonne la surface à plusieurs reprises et, quand l'eau de savon est absorbée, le modèle peut être reproduit autant de fois qu'on le désire en versant du plâtre liquide dans le creux.

Un buste se moule entre deux coquilles, on le savonne s'il est en plâtre et on le couvre au pinceau d'une couche très légère de plâtre liquide. On fixe après sur cet enduit un fil résistant qui doit courir sur toutes les sinuosités du modèle. Ce fil, qui part du socle, est relevé des deux côtés en passant par le milieu de l'objet, et les deux bouts se rencontrent sur le haut de la tête. On passe alors une seconde couche de plâtre au pinceau, en chargeant le fil pour le maintenir en place, et, quand elle a fait prise, cette couche est doublée d'une forte épaisseur de plâtre.

On ne laisse pas sécher. On abaisse sans attendre et par traction un des fils qui coupe l'enveloppe sur la droite, on opère de la même manière sur le fil de gauche, et le moule est ainsi partagé en deux coquilles. Les tranches sont passées à l'eau de savon, pour les empêcher de se souder quand on les réunit. On pratique après une légère ouverture dans le haut pour livrer un passage à l'air et, après avoir préparé les creux à l'eau de savon, les deux coquilles sont réunies et serrées vigoureusement avec quelques tours de ficelle.

On gâche du plâtre très clair, qu'on verse en petite quantité dans le moule, mais assez cependant pour en recouvrir toute la surface intérieure et, après dix minutes, on double cette couche en versant dans le creux du plâtre plus épais, pour avoir une couche plus résistante.

On démoule une demi-heure après en desserrant la ficelle et les coquilles se détachent seules de la reproduction.

Le plâtre se décompose dans le bain de cuivre acide. Aucun dépôt n'est possible dans le creux d'un moule ou sur un modèle en plâtre qui n'est pas rendu imperméable avant d'être plombaginé et mis au bain.

La copie est séchée, l'été au soleil et l'hiver à l'étuve. La dessiccation doit être complète.

Les grandes pièces, les bustes nature ou demi-nature séjournent quinze jours à l'étuve.

Le plâtre n'est pas rendu suffisamment imperméable par une application de vernis au pinceau. La matière grasse ou résineuse doit pénétrer profondément dans la masse. On y arrive seulement en immergeant entièrement le plâtre dans une chaudière, ou dans un poêlon pour les modèles sans importance. Les pièces ne sont prêtes à recevoir la métallisation qu'après une heure de bain.

On les retire brûlantes pour donner au plâtre la facilité d'absorber le corps gras, qui se figerait

sur la copie insuffisamment chauffée et qui empâterait les détails. Le suif, la résine, la cire, l'huile de lin, la stéarine, le blanc de baleine, sont les matières à employer.

Dans une usine, la chaudière à imperméabiliser est placée à l'intérieur, mais le fourneau a son ouverture en dehors par crainte d'incendie.

On adapte par précaution un couvercle à charnière à la chaudière. Ce couvercle est instantanément rabattu en cas d'inflammation.

La stéarine est une protection suffisante pour les médailles. On peut les retirer du bain après dix minutes d'ébullition. La pénétration est suffisante quand les bulles d'air cessent de se dégager à la surface du corps gras en fusion.

Mais un mélange de cire, d'huile, d'essence de térébenthine et de résine peut seul protéger efficacement les grandes pièces qu'on double en cuivre, à moule perdu.

Il ne faut pas craindre de les laisser au bain trois ou quatre heures. Le corps gras et résineux pénètre lentement dans le plâtre et l'imperméabilisation est toujours superficielle. La couche consolidée n'a jamais plus de $0^m,002$ ou $0^m,003$ d'épaisseur.

Il est possible, après cette préparation, de revêtir une statue entière d'une couche de cuivre pelliculaire, mais assez solide, qui transforme en bronze la statue quand on ne veut pas s'astreindre au moulage à pièces à la gutta-percha.

Nous avons exécuté ce travail sur une large échelle à l'usine d'Haeren, dirigée par M. C. Alker.

Mais, en dépit de tous les soins, les accidents par suite de la pénétration du sulfate de cuivre dans la masse nous obligeaient à former des bains locaux après le cuivrage complet de la statue.

La partie rebelle au dépôt était circonscrite par une feuille de gutta-percha en forme d'auge, qu'on soudait au cuivre, et un vase poreux introduit dans ce bain improvisé réparait l'accident.

La partie non couverte recevait d'abord plusieurs couches de vernis et de gutta-percha dissoute au sulfure de carbone. On métallisait ensuite soit à la poudre d'argent, soit à l'azotate du même métal réduit par le phosphore. Des détails plus amples seront donnés dans le Chapitre qui traitera du cuivrage des substances non conductrices.

Moulage à la gélatine.

La gélatine est une matière exceptionnelle pour le moulage, mais elle ne peut être utile au galvanoplaste que pour le tirage des copies en plâtre. Cette matière permet le moulage des modèles hors dépouille et de la ronde bosse, sans le secours du moulage à bon creux, qui est d'une exécution longue et difficile pour celui qui n'a pas fréquenté les ateliers. Les artistes reprochent à la gélatine une trop grande élasticité, qui ne permet pas de

reproduire le type avec la précision d'un moule en plâtre. C'est possible, mais l'art du mouleur y gagne en simplicité, car toute difficulté est aplanie par cet agent merveilleux qui s'insinue dans les moindres détails du modèle.

Sauf quelques exceptions relatives à des applications récentes et encore peu connues, le moule en gélatine est rarement mis en rapport avec le bain de sulfate de cuivre, qui le ronge et le dissout.

On peut cependant communiquer une plus grande résistance aux creux en ajoutant 2 pour 100 de tannin dissous dans l'alcool à la solution plastique, mais dans ce cas faut-il encore opérer avec un courant énergique pour précipiter le cuivre à la hâte et pour former le pellicule avant l'altération du moule.

On réussit encore à fixer le dépôt à temps, en immergeant les pièces à couvrir dans une solution à 3 pour 100 de bichromate de potasse. La solution peut être passée au pinceau.

Après une exposition d'un quart d'heure en bonne lumière, ou de quelques minutes au soleil, où le coulage est à craindre, la surface peut recevoir le dépôt de cuivre.

Toutefois, une couche mince de gélatine durcie dans toute son épaisseur par la lumière peut supporter le bain de cuivre. Il en sera question dans la Partie qui traitera de la Photogravure.

Dans les moulages qui ont trait aux reproductions en dehors de l'intervention de la réaction lumineuse, la gélatine est plongée dans l'eau; quand elle est souple et saturée d'eau, on la porte dans un bain-marie, sans autre addition d'eau que celle qu'elle a prise par le mouillage.

Le produit est filtré quand il est dissous, il est dès lors bon à employer.

Les bas-reliefs en demi ronde bosse à parties rentrantes et fouillées, qui ne sont pas de dépouille, appartiennent de droit au moulage à la gélatine.

Il serait cependant préférable de passer par le moule en gutta-percha; mais, malgré la souplesse relative que le produit garde avant son entier refroidissement, l'opération est jugée quelquefois impossible et même dangereuse, si la pièce à mouler est fragile et si le type a une valeur artistique.

Il faut alors recourir à la gélatine. On passe un peu d'huile au pinceau sur le modèle et, après l'avoir bordé comme il a été dit, la gélatine est coulée dans l'appareil à une température moyenne. On démoule quand le produit refroidi est redevenu assez ferme pour supporter une légère traction.

Mais c'est dans le moulage de bustes que le procédé à la gélatine acquiert toute son importance, puisque le même moule, qui ne comporte que deux coquilles, peut suffire à un certain nombre de copies.

On procède comme il suit ; mais qu'on permette d'expliquer avant et en quelques mots ce que nous prétendons faire :

Il s'agit de couler une couche épaisse de gélatine sur le modèle huilé, pour que la couche s'applique en même temps sur tous les points du modèle où elle fera prise, et de communiquer au moule tremblant assez de résistance pour ne pas se déformer ni s'affaisser sur lui-même après sa division en deux coquilles. On appelle coquille chacune des deux parties du moule.

1° On pose sur une table une feuille en zinc ou en verre frictionnée avec un tampon chargé de quelques gouttes d'huile. Le buste est ensuite calé par deux supports en plâtre qui le soutiennent. L'un des supports maintient la tête, et l'autre le bas du modèle. C'est la mise en place.

Avant de commencer le moule, que nous supposons terminé pour le besoin de nos explications, nous aurons recours à une comparaison banale, qui jettera beaucoup de clarté sur l'opération.

Prenons un œuf dur, coupé par le milieu dans le sens de la longueur du plus grand axe.

Nous voyons deux enveloppes et le jaune qui occupe le milieu.

Nous n'avons pas à faire autre chose.

L'opération ne peut donc pas être bien difficile à comprendre ni même à exécuter.

La coquille représente la chape de notre moule

ou la couche de plâtre extérieure; le blanc, la gélatine qui est coulée dans le moule; le jaune, le modèle en plâtre qui est au centre.

Mais le blanc d'œuf qui représente la gélatine dans notre moule est remplacé, après coup, par une matière dont nous n'avons pas encore parlé pour éviter toute complication, et qui n'est introduite qu'accidentellement et qu'on supprime quand le moule est terminé. C'est l'argile ou terre glaise.

Si nous divisons le moule en deux parties, comme l'œuf, avant d'essayer le moulage, nous trouverons également deux couches superposées, le modèle remplacera le jaune.

La terre glaise (et nous allons voir comment et pourquoi elle intervient) est éliminée dès que le moule est achevé.

L'intervention de l'argile est un tour de main d'atelier, qui n'a pas d'autre but que de ménager le vide qui sera occupé par la gélatine dans l'exécution du moulage.

La terre glaise est étendue au rouleau sur le verre huilé. On lui laisse à peu près l'épaisseur de la couche de gélatine qu'elle remplacera dans le moule.

L'argile est appliquée avec pression modérée par bande sur le modèle rendu gras par un peu d'huile, de façon à recouvrir sans lacune et sans fissure la face qui se présente à l'opérateur, qui n'a pas à se préoccuper pour l'instant de l'autre

moitié. Il n'y a rien de précis dans la pose de l'argile. On la fait descendre jusqu'au support pour préserver la partie opposée du modèle des atteintes du plâtre.

Il importe peu de couvrir plus de la demi-surface. L'excédent sera tranché au couteau. On verse ensuite du plâtre moulé sur la terre glaise et on laisse prendre.

Cette première couche est ensuite doublée avec du plâtre ordinaire. On relève le tout quand la seconde couche de plâtre a fait prise, et l'on retourne cette première moitié du moule incomplet.

On fixe en sens inverse la coquille formée sur le verre à l'aide d'un peu de plâtre gâché pour empêcher les oscillations et pour donner une assise à cette première partie du moule. On découpe après, avec une lame fine et tranchante, plâtre et argile tout autour du modèle, dont la moitié est en saillie.

On recommence les mêmes opérations pour la seconde coquille, mais on a soin auparavant de couper net la double couche de plâtre et d'argile, en suivant exactement les contours du modèle. La pointe doit pénétrer jusqu'au modèle sans entamer le sujet. On pratique alors les repères, qui serviront à rajuster exactement les deux parties du moule.

Cinq ou six trous en forme de cônes retournés, mais larges de base et d'un demi-centimètre de

profondeur sont creusés sur la tranche du plâtre, qu'on savonne. Il ne faudrait pas oublier ce détail important.

L'autre moitié du modèle qui est en saillie est recouverte, comme précédemment, avec des bandes de terre glaise, et l'on coule sur l'argile du plâtre en couche mince. Cette couche est doublée quand elle forme prise avec du plâtre plus grossier. On laisse sécher. Le plâtre qui a coulé de la première coquille sur la seconde et qui les souderait extérieurement l'une à l'autre, est enlevé au couteau. On peut alors donner un peu d'élégance à l'extérieur du moule en le dégrossissant. Il faut s'arrêter quand le couteau met à nu les lèvres des deux coquilles.

On ouvre le moule en glissant une lame mince dans la ligne de séparation. Le moule cède et s'ouvre en deux parties. Le savon qui a été placé sur les lèvres de la première coquille s'oppose à l'adhérence.

Le plâtre, d'autre part, a pénétré dans les excavations faites sur la première coquille et dont on a savonné l'intérieur, les bords et les repères qui étaient en creux sur la première moitié du moule sont en relief sur la seconde.

Ces points de repères ont une grande importance dans le moulage. Outre qu'ils assurent une juxtaposition exacte, ils empêchent le glissement d'une partie sur l'autre.

Après avoir retiré le modèle, la terre glaise, dès lors inutile, est enlevée à l'échoppe. Elle est sans adhérence sur le plâtre.

Ces travaux préliminaires ne constituent pas encore le vrai moule. Nous n'avons comme résultat, en suivant notre comparaison, que les deux coquilles d'un œuf sans blanc et sans jaune.

C'est le moment de placer le modèle dans l'une des deux coquilles et de former le moule. On suspend, pour ainsi dire, le buste dans le creux du plâtre, en le fixant en hauteur et en place avec deux cales, qu'on soude à la fois au modèle et au fond du creux de la coquille avec un peu de plâtre gâché.

Ces cales, qui sont fixées, l'une sous la tête, et l'autre vers le bas de l'objet à reproduire, peuvent être des chevilles en bois suffisantes pour soutenir le modèle et le tenir en place.

Le moule est ensuite ajusté suivant les repères, puis solidement ficelé. On passe une règle dans les doubles de ficelle et l'on tord pour assurer la pression.

Le modèle emprisonné se trouve ainsi à distance égale de tous les points du vide intérieur qui représente la place occupée par la terre glaise, et cet espace est réservé à la gélatine que nous allons couler dans le moule.

Mais il est important de ne pas oublier qu'un fil solide et trempé dans du plâtre gâché clair, doit

être fixé exactement et avec contact précis sur toutes lès sinuosités du modèle.

On verse de la gélatine chaude dans le creux du moule. Il s'en écoule un peu par une ouverture qu'on a ménagée dans le haut, opposée à celle par où la gélatine est versée (l'œuf est censé être percé par les deux bouts), et l'on agite légèrement en imprimant au moule un mouvement circulaire sans secousse pour dégager les bulles d'air et pour forcer la matière plastique à s'insinuer dans toutes les parties creuses du modèle.

On arrête quand la gélatine déborde.

Le démoulage ne peut se faire qu'après trois ou quatre heures. La gélatine privée d'air est lente à se raffermir.

Le moule, débarrassé de ses liens, est ouvert ensuite, et l'on retrouve alors la couche de plâtre, la gélatine qui a pris tous les contours du buste, et enfin le modèle, qu'on ne peut extraire qu'en tirant vers soi le fil qui coupe la gélatine et qui divise le vrai moule en deux.

On obtient des reproductions successives en rajustant, comme il a été dit, les deux coquilles.

On verse d'abord du plâtre gâché très clair, peu en commençant. On ferme avec les doigts les deux ouvertures dont nous avons parlé, et le moule est secoué vigoureusement en tous sens et sans perdre une seconde. Il ne faut pas craindre l'excès dans cet exercice, qui ne doit finir que lorsque le plâtre

pris ne fait plus entendre de clapotements. On verse après une seconde coulée de plâtre fin, et l'on remplit avec du plâtre ordinaire.

La reproduction peut être retirée après une demi-heure. On peut retirer la gélatine du creux pour faciliter le démoulage, mais il faut la remettre en place immédiatement. On abat la marque en relief, dont le fil a laissé trace en divisant la gélatine.

Le moule doit être passé à l'huile avant de tirer une nouvelle reproduction.

Soins à donner aux moules en gélatine. Métallisation.

Les moules en gélatine, en général, et ceux qui ont été préparés en deux coquilles pour multiplier les copies en plâtre, peuvent recevoir le dépôt dans le bain de Galvanoplastie.

Ils deviennent alors un auxiliaire puissant de reproduction pour les modèles qui ne sont pas de dépouille et qui ont trop de parties rentrantes pour être traitées par la gutta-percha.

Le démoulage est toujours possible avec la gélatine, dont la souplesse se prête à toutes les exigences et qui résiste assez pour sortir sans déchirure des dessous les plus prononcés.

Mais le bain de cuivre attaquerait la gélatine, si l'on ne prenait pas des mesures pour rendre la surface du moule plus ferme et des dispositions

particulières dans la mise au bain pour accélérer le dépôt.

On mélange à la dissolution de gélatine qui est réservée aux moules de Galvanoplastie 2gr pour 100cc d'eau d'alun de chrome, qui sont versés, en solution, dans la mixtion, mais par petites quantités à la fois.

Ajoutée en masse, la solution d'alun coagulerait la gélatine.

On humecte après au pinceau le moule obtenu avec :

Alcool	100cc
Tannin.	2gr

Le sulfate de fer peut être substitué au tannin.

Eau	100cc
Sulfate de fer.	5gr

Procédé héliographique.

Voici une troisième méthode empruntée aux procédés photographiques, et qui consiste à passer dans les creux en gélatine une solution de bichromate d'ammoniaque ou de potasse limitée à un dosage modéré. Trop de bichromate dans la solution produirait les résultats contraires.

Eau	100cc
Bichromate..	5gr

La gélatine, après cette préparation, est portée à

la lumière, qui oxyde le sel de chrome combiné avec le moule.

Il y aurait déformation et coulage par une exposition trop longue aux rayons directs du soleil.

La réduction du sel de chrome s'opère à l'ombre en un quart d'heure.

Ces trois solutions tendent seulement à raffermir extérieurement et sans pénétration une surface sans profondeur de gélatine. Le but serait dépassé si le moule était complètement immergé dans ces bains. La gélatine se contracterait et la déformation de la matière plastique entraînerait la perte du moule.

Ces solutions ne sont pas des bains de métallisation, il faut en outre rendre le moule conducteur. La couche préparée repoussant l'eau, il faut que le nitrate d'argent qui sera réduit sur la gélatine soit dissous à l'alcool.

Azotate d'argent.	5gr
Alcool à 36° (et non à 40°).	100cc

L'alcool dissout à froid très peu de sel d'argent. On l'introduit avec l'argent dans un ballon en verre et on le porte dans un bain-marie. La dissolution est filtrée avant d'être appliquée au pinceau sur les moules.

Le moule est ensuite soumis, non pas aux vapeurs de phosphore, mais aux émanations sulfhydriques faciles à produire.

On suspend la pièce dans un entonnoir renversé; le fil de soutien passe dans la douille et le moule est soulevé jusqu'au milieu de l'entonnoir.

L'entonnoir est ensuite placé sur une soucoupe, où l'on a versé quelques centimètres cubes de sulfhydrate d'ammoniaque.

En quelques minutes, l'argent passe à l'état métallique.

Les moules en gélatine, supérieurs à tous les autres, réclament des soins particuliers dont le gutta-percha peut se passer.

Le point essentiel, quand on s'en sert, est de précipiter le cuivre le plus promptement possible, et de fixer sur le creux une légère couche de métal qui préserve dès lors la gélatine et qui assure le succès de l'opération.

Le moule en gélatine est fixé, quand il s'agit d'un bas-relief qui s'y prête par sa forme, sur une plaque très mince de cuivre décapé qui prend place à son tour, après avoir été légèrement chauffée, sur une feuille de gutta-percha assez forte; la chaleur fait adhérer le métal sur la gutta. Le moule déjà métallisé est collé par le dos sur la feuille de cuivre; on le maintient avec un peu de gutta-percha ramollie dans l'eau chaude.

On pique alors des épingles fines qui traversent la gélatine et la feuille de cuivre, et qui pénètrent dans la gutta qui les fixe. C'est surtout dans les parties creuses et rentrantes que les épingles son

utiles. On a soudé préalablement au cuivre un conducteur sur lequel des fils de plomb très faibles et enroulés autour des épingles sont reliés.

Le courant se porte sur le cuivre qui, recouvert par la gutta, ne reçoit pas le dépôt; mais l'électricité circule sur toutes les parties du moule. Les épingles en communication avec la plaque de cuivre amènent le cuivre sur le moule, qui ne tarde pas à se couvrir.

Le métal forme une couche continue en quelques minutes si le cuivrage est fait dans l'appareil simple renversé. Dans cette disposition, le bain de cuivre prend la place réservée à l'eau acidulée.

Cette disposition nous a été suggérée à propos de certaines applications industrielles très délicates et qui n'aboutissaient pas autrement.

On descend un vase poreux d'un diamètre plus grand que celui du modèle ou un sac en toile à voile dans la cuve; un seau d'incendie remplace le vase poreux pour les grands modèles.

Ce n'est plus la cuve en verre ou en porcelaine qui reçoit le bain, mais le vase poreux ou le sac en toile. Le zinc tourné en cylindre est placé dans l'eau acidulée qui a pris la place du bain de cuivre, et le moule relié au zinc, suivant la méthode ordinaire, est plongé dans le vase poreux. La toile, si le moule est volumineux, est séparée du zinc par un treillis quelconque en bois léger.

La surface du zinc est dans ce cas énorme par

rapport au volume du bain de cuivre, et le courant énergique qui se développe active le dépôt qui recouvre en quelques minutes toute la surface du moule.

Le moule est retiré dès qu'il est couvert pour prendre place dans l'appareil ordinaire de Galvanoplastie.

Procédé Lenoir.

Le procédé Lenoir, qui s'applique au moulage des rondes bosses et qui donne le moyen de reproduire une statue d'une seule pièce sans soudure, est des plus ingénieux. Nous en parlons à titre de curiosité et comme preuve des ressources sans nombre qui viennent à l'aide du galvanoplaste dans la partie du moulage. En fait de reproduction, tout est possible au courant électrique : c'est au praticien à tourner la difficulté et à chercher sa voie.

Le moulage fractionné à la gutta-percha est beaucoup plus commode, plus sûr et plus pratique que le procédé Lenoir, et la statue reproduite, quand les pièces sont rajustées et liées par des soudures et qu'un nouveau passage au bain a recouvert l'ensemble d'une couche uniforme, vaut la copie formée d'une seule pièce par le courant galvanique.

Nous avons reproduit avec M. C. Alker, à Haeren,

plusieurs modèles pris sur plâtre qui ornent les places publiques en Belgique, à Nivelles et ailleurs, travaux qui peuvent donner quelque poids à notre affirmation.

Quoi qu'il en soit, dans le procédé Lenoir on moule la statue au plâtre par section, avec repères, pour reconstituer exactement le modèle. La gutta-percha peut remplacer le plâtre, mais l'ajustage des pièces est moins parfait et plus difficile.

Les parties du moule en plâtre sont imperméabilisées par les procédés que nous avons indiqués, et métallisées à la plombagine.

Le moule est rajusté autour d'une carcasse qui en occupe la partie intérieure et qui ne touche par aucun point à la surface du moule, mais qui s'en approche à $0^m,01$ ou $0^m,02$.

Ce mannequin, dont la forme reproduit à peu près les formes de la statue, est formé de fils de platine et plus économiquement de fils de plomb soutenus par des montants en fer plus résistants. Les fils sont protégés par une bande de caoutchouc qui ne les couvre que partiellement, et l'épaisseur du caoutchouc en spirale s'oppose au contact du mannequin avec le moule.

Un fil conducteur est mis en communication avec un des pôles d'une batterie, et l'autre avec la surface intérieure du moule plombaginé.

On descend alors le moule dans une cuve à décomposition après en avoir rempli l'intérieur de

bain de cuivre. Le bain se renouvelle à mesure que le métal est réduit par de petites ouvertures ménagées dans le bas du moule.

Les couches supérieures de liquide, moins denses par suite de l'épuisement du métal, sont refoulées vers le bas par les couches plus chargées qui s'élèvent du fond de la cuve et qui les remplacent La densité se trouve ainsi toujours la même dans l'intérieur du moule, et le dépôt prend la même épaisseur sur toute la surface intérieure plombaginée.

On plombagine quelquefois une statuette en argile, qu'on recouvre par un dépôt lent d'une couche très mince de cuivre. On calcine ensuite l'argile qui tombe en poussière et qu'on retire par des ouvertures pratiquées dans le haut et dans le bas de la pièce.

La statuette est ensuite recouverte d'un vernis isolant qui empêche le dépôt de cuivre à la surface, et on la descend dans le bain galvanique en établissant le contact d'un pôle zinc avec l'intérieur de la pièce à cuivrer. Le pellicule de cuivre se double peu à peu et atteint en sept ou huit jours une épaisseur suffisante. On y coule enfin une certaine quantité d'alliage de plomb et d'antimoine pour lui donner le poids d'une pièce en bronze fondu.

On traite de la même manière les sujets en cire. On vide le moule quand le cuivre a pris une épais-

seur suffisante, en portant la pièce dans une étuve chauffée.

On nous permettra d'entrer à ce sujet dans quelques détails photographiques, qui ont leur place dans un traité de Galvanoplastie, où ils ont acquis depuis plusieurs années droit de cité.

La découverte de Volta et celle de Niepce de Saint-Victor et de Daguerre se coudoient souvent et se complètent l'une par l'autre. Nous serons bref, ces matières ont été développées dans plusieurs de nos livres. Mais nous n'y avons rien dit pour le cas actuel.

Une planche de cuivre polie est recouverte d'une couche de gélatine qui est ensuite plongée dans un bain de bichromate de potasse à 4 pour 100 pendant trois ou quatre minutes. La couche est ensuite lavée par une seule nappe d'eau, qui entraîne le sel dissous libre à la surface.

Après ce traitement, le cuivre est porté dans une étuve obscure, où la couche doit sécher à une température de 30 à 40°.

On expose le cuivre sur un cliché négatif de photographie vigoureux et l'on expose en plein soleil, ou à défaut, en bonne lumière pendant quatre ou cinq minutes.

Si la couche est portée après dans une cuvette d'eau fraîche, les parties que la lumière a influencées n'éprouvent aucun changement, mais les parties voisines se gonflent et donnent des reliefs pro-

noncés qui ne sont pas proportionnels à l'épaisseur de la gélatine, mais l'épaisseur contribue cependant à l'exhaussement des traits.

Ces reliefs, dus au gonflement de la gélatine, sont nécessairement humides. Quoique incompressibles, il est cependant à peu près impossible de les mouler autrement que par le plâtre. La Photographie a d'autres méthodes plus précises et supérieures, mais on peut toutefois tirer parti de ces reliefs humides.

Nous espérons pouvoir le démontrer dans un autre travail.

Le cuivre mince qui supporte la gélatine, et que les planeurs désignent sous le nom de *cuivre pour facture*, est plus commode que la glace. La souplesse du métal rend le démoulage plus facile. Le cuivre n'a pas d'autre avantage sur le verre pour le cas présent.

Il faut, pour mouler ces reliefs déjà développés dans l'eau fraîche, couvrir la couche de gélatine d'une solution de sulfate de fer à 5 pour 100.

Ce sulfate de fer tanne superficiellement la gélatine. Il est inutile de prolonger l'immersion dans une cuvette. Quelques secondes de contact tannent la gélatine.

Le cuivre est bordé par une bande de papier qu'on relève pour former une cuvette. Le papier est huilé quand il est sec.

On délaie le plâtre en solution claire et l'on en

passe une première couche au pinceau sur les reliefs. On verse enfin le tout. On ramène vers les bords ce qui se trouve en hauteur dans le milieu de la planche. On soulève ensuite le tout à $0^m,01$ ou $0^m,02$ de hauteur et on laisse tomber brusquement et à plat, mais d'aplomb, la planche de cuivre sur la table de travail. Le choc assied la couche de plâtre et fait pénétrer la matière plastique dans les creux. On arriverait difficilement à séparer le moule de la gélatine sans recourir au moyen suivant :

On renverse la planche de cuivre quand le plâtre a fait prise et qu'il a perdu sa chaleur et on la place, le plâtre en dessous, sur une couche d'eau de $0^m,003$ à $0^m,004$ d'épaisseur. L'eau ne doit pas dépasser la moitié de l'épaisseur du moule.

Par endosmose, le liquide pénètre à travers le plâtre jusqu'à la couche de gélatine et s'étend entre les deux surfaces. Le résultat ne serait pas le même si la planche de cuivre était entièrement immergée dans l'eau.

Après dix minutes, le moule est détaché sans effort, en passant une lame fine entre la couche de gélatine et le plâtre.

On double ce moule avec du plâtre ordinaire, et l'on taille le dos au couteau pour en régulariser la surface. Ce creux est passé au savon et, en opérant de la même manière, on le reproduit en relief.

Le relief en gélatine peut fournir cinq ou six

épreuves, mais on lave à chaque opération les reliefs à l'eau fraîche, puis au sulfate de fer.

Le moule en relief, tiré au plâtre, sert en quelque sorte de coin pour préparer le moule en creux en gutta-percha, qu'on obtient en moulant à la feuille ou à la boule. C'est dans ce dernier creux qu'on fait déposer le cuivre.

Le relief définitif en métal peut servir à l'ornement et à l'impression typographique.

Les reliefs obtenus par ce procédé n'ont pas la hauteur réglementaire des clichés typographiques. Mais rien n'empêche, pour certaines applications, de creuser le fond à l'échoppe sur le contre-type en plâtre, avant le moulage à la gutta-percha.

L'épreuve définitive peut dès lors aller sous presse et fournir de bons tirages.

Morsure de la gélatine.

Ce procédé est inédit et nous le soumettons à l'appréciation des lecteurs. Nous obtenons sans le secours de l'échoppe des reliefs en gélatine plus que suffisants pour le tirage typographique.

Le travail préparatoire diffère peu de ce qui précède, mais la couche de gélatine insolée est traitée tout autrement.

Dans notre cas, nous versons la gélatine sensibilisée par le bichromate sur la planche de cuivre.

La couche doit avoir à l'état humide une épaisseur de $0^m,01$.

La gélatine est trop épaisse pour pouvoir sécher, même à l'étuve ordinaire. Elle doit être placée dans l'étuve à peine chauffée. Le côté préparé de la planche de cuivre est mis en regard d'une cuvette profonde remplie de chlorure de calcium. La cuvette et la planche sont placées horizontalement. On peut faire porter le cuivre sur deux règles disposées sur les bords de la cuvette. La gélatine est alors éloignée du chlorure de calcium qui doit absorber l'eau. Dans une pièce humide, le résultat serait long et compromis. Les dispositions à prendre sont développées dans le cours de cet Ouvrage.

La gélatine qui ne sècherait qu'au bout de dix jours dans une étuve chauffée réglementairement à 35°, qui se déformerait au point de rendre l'opération impossible et qui perdrait la propriété de se dissoudre même dans l'eau chaude, peut être employée après trois jours quand elle est soumise à l'influence du chlorure de calcium.

La planche gélatinée est insolée sous un négatif, mais l'insolation doit se faire en plein soleil. Une heure d'exposition n'est pas un temps de pose exagéré, vu notre méthode de dépouillement.

La planche est d'abord plongée dans une cuvette pleine d'eau chaude, le degré importe peu, puisque l'eau bouillante même ne serait pas suffisante

pour former les reliefs élevés que nous cherchons. Mais l'eau chaude ramollit la gélatine dans les parties qui ont conservé une solubilité relative, et ce traitement anticipé vient en aide à la morsure à l'acide.

La couche de gélatine est traitée comme une planche de zinc.

La morsure est faite dans un mélange d'acide sulfurique et d'eau. L'acide domine si l'insolation est trop forte et si la gélatine oppose trop de résistance.

L'acide acétique est plus actif. Le fond est rongé plus vite, mais les reliefs ne résistent pas à cet agent, qui est le dissolvant le plus énergique de la gélatine après l'eau chaude.

Les reliefs déjà obtenus finissent par s'affaisser et couler en gelée, même après avoir soumis la planche à des lavages et à des bains alternés d'alun et de tannin.

Les reliefs produits par l'attaque de l'acide sulfurique disparaîtront de la même manière, mais les bains précités les maintiennent et les raffermissent.

L'exposition d'une heure en plein soleil n'a rien d'exagéré. Il faut, en effet, pour attaquer la gélatine par l'acide, que la lumière ait insolubilisé presque toute l'épaisseur de la couche sous les parties claires du négatif, différemment le dessous restant soluble serait miné, et l'on n'aurait pas de

meilleurs résultats que sur le zinc, si le relief en voie de formation n'était pas protégé par le coulage de l'encre et de la résine fondue.

L'ammoniaque peut être substitué à l'acide sulfurique, mais il manque d'énergie.

Ce procédé nous a donné des clichés en reliefs de gélatine, qui pouvaient être encrés et mis sous presse et qui rendaient toutes les finesses du dessin.

Il est convenu depuis longtemps qu'il ne faut pas attaquer la gélatine sur le côté qui a reçu directement la lumière. Nous partageons cette manière de voir, mais nous la croyons trop exclusive. C'est, en tout cas, une excellente méthode pour les reliefs peu accusés qui sont destinés à la production d'une planche en creux par le bain galvanique.

Cette méthode est commode dans l'exécution, soit qu'on emploie le papier au charbon, soit qu'on détache la feuille de gélatine, coulée d'abord sur verre ou sur cuivre, pour la reporter renversée sur un autre subjectile. Elle permet d'attaquer l'épreuve en dessous.

Mais cette voie ne conduit qu'à la gravure en taille-douce ou à des procédés similaires, combinés en vue de la gravure en creux.

Le problème du relief, qui est résolu par le gilotage qui laisse le trait en hauteur sur le zinc, reste encore à trouver quand il s'agit de gélatine.

Nous ne disons pas : voilà le procédé ; des essais de laboratoire nous donnent cependant raison, mais nous savons aussi qu'il faut qu'un procédé passe par plusieurs mains pour que la valeur en soit connue. Si nous publions ces détails, c'est pour laisser à d'autres la tâche de compléter la méthode et de prouver que l'industrie peut et doit l'accepter.

A partir du moment où, par des manipulations nouvelles et ingénieuses, on a pu dissoudre le côté non insolé de la gélatine, l'attaque directe sur la face insolée a été négligée.

Il n'a plus été fait d'essais. Nous estimons que c'est à tort.

Nous comprenons très bien que le traitement récent de la gélatine sur couche mince est rationnel. Mais nous croyons aussi qu'il reste autre chose à faire quand il s'agit de couches épaisses. On s'en est peu préoccupé.

Ce qui restait à faire, c'était d'approprier le traitement aux couches épaisses et d'attaquer la gélatine par la partie insolée en combinant l'attaque avec l'insolation sur les deux faces, méthode qui n'a été introduite que plus tard dans les applications phototypiques.

Si l'on prend l'eau chaude pour dissoudre la gélatine, attaquer la couche sur la face insolée devient un non-sens.

Mais, en remplaçant l'eau chaude par l'acide et

en opérant sur une couche épaisse, nous pouvons raisonnablement assez mordre cette couche sur le côté qui a reçu directement l'insolation, et voici pourquoi.

La gélatine bichromatée résiste à l'eau chaude quand l'insolation est trop longue, et telle surface qui n'était pas dissoute par l'eau à 40 et 50° cède si le liquide est porté à 100°.

C'est le point d'arrêt, l'extrême limite. Une épreuve au charbon ou un relief qui résiste à cette température est considéré comme insoluble. Or les cas d'insolubilité sont nombreux.

En dehors de l'action lumineuse, l'insolubilité peut résulter d'un excès de chaleur dans l'étuve, du temps exagéré que la couche passe dans ce milieu, même chauffé au degré normal, enfin, pour nous borner, du temps plus ou moins long qui s'écoule entre la sensibilisation et l'exposition au jour.

Le sel de chrome seul rend le produit insoluble, car la gélatine dissoute par une solution concentrée de ce sel perd toute sa solubilité en séchant.

Ces considérations laissent entrevoir que la gélatine bichromatée modifiée par la lumière peut être traitée autrement que par l'eau chaude qu'on remplacerait par des dissolvants n'intervenant que dans les cas où la gélatine résiste à l'eau chaude.

C'est ce que nous avons tenté et les résultats

nous ont paru assez concluants pour engager les opérateurs à les continuer.

Ils savent du reste, par expérience, que l'ammoniaque rend l'eau plus dissolvante et que les corps résineux sont attaqués par les substances alcalines. La gomme-laque se transforme en vernis en contact avec une dissolution de borax et d'ammoniaque dans l'eau.

On peut trouver un dissolvant moins dangereux dans les manipulations que l'acide sulfurique.

Le meilleur dissolvant serait celui dont l'action commencerait au point précis où l'eau à 100° est impuissante, mais qui, tout en attaquant les parties qui ne cèdent pas à l'eau, resterait sans action sur celles où la gélatine a contracté un plus haut degré d'insolubilité, par suite de l'intervention de la lumière. C'est, du reste, le rôle de l'acide sulfurique dans les expériences que nous avons faites.

Il ne faudrait pas supposer que le dessin manque de finesse en attaquant la gélatine sur le côté insolé. La délicatesse du trait est la même si l'insolation est vigoureuse et si la pénétration du rayon se fait sentir sur les parties inférieures de la couche.

L'action de l'acide doit être arrêtée dès qu'elle atteint la couche restée soluble. Les traits en relief seraient minés en dessous et enlevés. Mais cet accident n'est pas à craindre en insolubilisant les

couches inférieures par une seconde insolation au revers.

Le manipulateur, sans se rendre compte qu'une couche épaisse de gélatine n'est pas dans les mêmes conditions qu'une couche mince, persuadé du reste, puisque l'usage veut qu'on opère inversement à ce qui vient d'être dit, et trouvant sur son chemin des difficultés réelles à préparer des couches épaisses qui se déforment à l'étuve et qui arrivent à l'insolubilité avant d'être sèches, n'a pas tenu compte de l'emploi du chlorure de calcium qui applanit les difficultés. Il a passé outre, et l'on est resté convaincu que les reliefs typographiques devaient être cherchés en dehors de la gélatine et du dépôt galvanique.

CHAPITRE III.

DÉPOTS MÉTALLIQUES SANS COURANT APPARENT.

Dorure au trempé.

L'or, l'argent, le cuivre, le fer et l'acier peuvent recevoir une couche d'or sans l'intervention, nous ne dirons pas du courant, mais de la pile ou d'une source quelconque d'électricité apparente.

Cette dorure par simple immersion ne peut réussir que sur les surfaces bien décapées. L'or se dépose mieux dans les solutions chaudes.

Ce genre de dépôt, en général, se fait d'autant mieux que le métal à couvrir développe le fluide contraire par rapport à l'autre métal dont le sel entre dans la composition du bain.

Il se forme dans le liquide un courant qui n'est pas appréciable, par le contact des deux métaux, qui dissout le cuivre en quantité égale (si le métal à dorer est le cuivre) à l'or qu'il réduit et qui se porte sur le cuivre.

Cette dorure n'est que superficielle et peu résistante par une seule immersion du cuivre dans le bain d'or; mais elle peut acquérir assez d'épaisseur si le cuivre est passé dans un bain d'azotate d'ammoniaque et mieux de bioxyde de mercure et ensuite replongé dans le bain de dorure.

A chaque immersion, le mercure est décomposé et une quantité équivalente d'or le remplace sur le cuivre.

En opérant adroitement, on obtient une couche d'or aussi solide que le dépôt fourni par la pile et l'or déposé a plus d'éclat et de couleur. Sur l'argent la dorure est toujours plus pâle.

Le bain peut être une dissolution de chlorure d'or dans le bicarbonate ou dans le pyrophosphate de soude en suivant la formule de Roseleur.

BAIN AU BICARBONATE DE SOUDE.

Chlorure d'or.	20gr
Bicarbonate de soude.	1000
Eau.	2lit

Ce bain, mis dans une capsule en porcelaine, doit bouillir pendant plusieurs heures. On remplace l'eau qui s'évapore.

BAIN AU PYROPHOSPHATE DE SOUDE.

Eau distillée.	2gr,500
Phosphate de soude.	200
Acide cyanhydrique.	2
Chlorure d'or.	5

Dorure au pinceau sur cuivre.

Cette dorure est plutôt une teinture qu'un dépôt métallique. Elle n'est applicable qu'au cuivre et à ses alliages.

Chlorure d'or	15gr
Cyanure de potassium.	60
Blanc d'Espagne	100
Bitartrate de potasse et de soude. .	5

Le chlorure d'or est dissous dans 40gr d'eau distillée et le cyanure dans la même quantité d'eau. On mélange les deux solutions et l'on ajoute d'abord la craie et ensuite le sel double de potasse et de soude. Le tout, réduit en bouillie épaisse, est appliqué sur le cuivre. La pièce est ensuite lavée et séchée dans la sciure de bois.

Dorure de l'acier et du fer.

L'acier et le fer poli se couvrent d'une pellicule d'or brillante en les plongeant dans un flacon où l'on a fait dissoudre 3gr de chlorure d'or dans 100gr d'éther. Ce genre de dorure n'est pas sérieux; nous l'indiquons à titre de curiosité.

Le liquide doit être décanté. La partie plus dense qui occupe le fond du flacon serait nuisible et empêcherait le dépôt du métal.

Argenture au trempé.

Tout mélange de cyanure d'argent et de cyanure de potassium en quantité suffisante pour dissoudre le cyanure d'argent fournit un bain d'argenture au trempé. Mais, pour faciliter le dépôt, le cyanure doit être en quantité beaucoup plus grande que le sel d'argent transformé en cyanure.

Dans un bain d'argenture, le rapport entre l'azote d'argent et le cyanure est comme 1 est à 2. Dans le bain au trempé, la proportion du cyanure doit être représentée par 5. La formule du bain sera donc la suivante :

Eau	1lit
Azotate d'argent.	50gr
Cyanure de potassium.	250

Un bain peu chargé en métal et en sel donne une argenture plus brillante. Le dépôt qui se fait instantanément, quand on immerge le cuivre ou ses alliages dans le bain, ne prend pas une épaisseur plus grande par une seconde immersion.

Un second contact du cuivre avec le bain désagrège la pellicule d'argent qui se soulève par écaille et qui perd son éclat pour prendre un ton mat.

Ainsi préparé, le bain ne donne pas une argenture très blanche, mais ce défaut disparaît en polissant le métal avec de la craie délayée dans l'eau.

Le bain au trempé qui, pour l'argenture du métal, peut être préparé sans formation préalable

du cyanure d'argent, mais simplement par du nitrate dissous, puis précipité par le cyanure de potassium et redissous par un excès de cyanure sans filtrage, ne donnerait pas un dépôt d'argent assez blanc. Il faudrait, en outre, charger peu le bain en cyanure d'argent et augmenter la dose de cyanure de potassium pour obtenir un dépôt excessivement léger. C'est à ces conditions qu'on obtiendrait le brillant et l'éclat de neige.

Roseleur indique le sulfite double de soude et d'argent. Ce bain donne, en effet, une argenture brillante et qui ne manque pas de solidité.

On prépare le bain en versant une solution d'azotate d'argent à 10 pour 100 dans une quantité quelconque de bisulfite de soude dissous dans l'eau distillée. On arrête l'addition d'argent quand le précipité blanc qui se forme ne se redissout que lentement et que la solution de bisulfite est saturée d'argent.

Un bain appauvri est remonté par la méthode ordinaire. On l'entretient en y ajoutant du bisulfite et de l'azotate d'argent.

Ces sels sont préalablement dissous dans l'eau de pluie ou dans l'eau distillée.

Cuivrage du fer et de la fonte au trempé.

Le cuivrage au trempé n'est applicable qu'à la fonte et au fer. L'acidité des bains rend ce pro-

cédé illusoire et laisse entre les deux couches de métal un élément de destruction qui croît avec le temps.

Il est peu en vigueur. Le cuivrage galvanique lui est supérieur.

C'est plutôt une mise en couleur qu'un dépôt de cuivre. Les pièces décapées au sable mouillé d'eau acidulée par l'acide sulfurique sont plongées dans le bain où elles ne doivent rester que quelques secondes.

Le fer se couvre d'un dépôt brillant sans épaisseur, qui disparaît sous une boue épaisse si l'on ne retire pas la pièce immédiatement après l'avoir plongée dans le liquide.

Sulfate de cuivre	50gr
Acide sulfurique	50
Eau ordinaire	5lit

La formule suivante doit être préférée. La pièce peut supporter plusieurs immersions et chaque passage au bain augmente l'épaisseur de la couche de cuivre.

La fonte et le fer sont d'abord décapés dans :

Acide chlorhydrique.	500cc
Acide azotique.	10

On les passe ensuite au bain de cuivre préparé comme il suit :

Acide azotique	100cc
Acide chlorhydrique.	800
Chlorure de cuivre.	100

On lave à grande eau et l'on sèche dans la sciure de bois.

Il est toujours utile, après un premier lavage à l'eau, de passer les pièces cuivrées dans un bain alcalin de soude ou de potasse.

Argenture du verre, de la glace, de la corne, du bois et de la nacre.

Le verre, la glace et tous les corps non métalliques et mauvais conducteurs se couvrent d'une couche d'argent brillante et solide à toute épaisseur et sans le secours de la pile dans le bain d'argenture spéciale. Les corps mis en contact avec le liquide n'exercent sur lui aucune influence.

La cause de décomposition et du dégagement d'électricité est une substance organique qui est introduite dans le bain au moment déterminé et qui précipite le métal qui est en état d'équilibre instable.

Cette méthode permet de métalliser les moules en gutta-percha destinés à recevoir un premier dépôt d'argent, qui est ensuite complété par la pile, ainsi que toute substance organique capable de supporter le bain sans en être attaquée. Ce genre de métallisation ne réussit pas sur la gélatine sèche ou humide, qui est rongée par le sel de potasse et par l'ammoniaque employés dans la préparation de la formule.

C'est par cette méthode que les glaces sont étamées en dehors de l'emploi du mercure et que les reflets du diamant sont communiqués aux pierres taillées dans le Jura.

Toute substance dure et polie peut recevoir le dépôt qui est mat sur les corps organiques, mais le brillant peut y être développé par le brunissoir si la matière offre assez de résistance.

Les produits qui sont réunis ensemble à la *seconde* de l'emploi, sont conservés sans pouvoir se décomposer avant leur mélange dans quatre flacons qu'on range sur la table de travail à la portée du manipulateur.

Nous désignerons ces flacons par des numéros indiquant l'ordre dans lequel ils concourent à former le bain définitif.

L'eau distillée est exclusivement employée pour la solution des sels qui entrent dans la formation du bain, et tout lavage fait à l'eau ordinaire est complété par un dernier lavage à l'eau distillée. Ce bain, très susceptible, serait troublé dans son fonctionnement même, par les chlorures et les sulfates qui sont en suspens dans l'eau ordinaire.

N° 1.	Eau distillée.	100cc
	Azotate d'argent fondu.	8gr
N° 2.	Ammoniaque liquide pur.	
N° 3.	Eau distillée.	100cc
	Potasse à l'alcool.	4gr

N° 4. Sucre interverti.

N° 5. Eau distillée 500cc

Quelques explications sont nécessaires relativement à la préparation des solutions nos 1 et 4.

1. Le sel d'argent ne s'emploie pas à l'état d'azotate. On le transforme en ammoniure d'argent en le dissolvant dans 25cc d'eau distillée pris sur les 100cc indiqués par la formule.

On y mêle goutte à goutte de l'ammoniaque liquide et l'on arrête l'addition du liquide alcalin au moment précis où le précipité qui se forme et qui trouble le bain tend à se redissoudre. On agite la solution qui reprend sa transparence.

Il est prudent d'introduire en supplément 1gr d'azotate d'argent dans le flacon et d'augmenter cette dose, si le sel se dissout sans former un léger trouble. On opérera avec précision, si le peu d'argent qu'on a mis après coup soulève un voile gris dans les parties du liquide qui l'enveloppent.

On pourrait ajouter une goutte d'ammoniaque pour redissoudre ce précipité; mais nous conseillons de s'en abstenir et de filtrer le contenu du flacon pour enlever ces traces d'oxyde d'argent qui rendent le bain louche. Il faut éviter à tout prix un excès d'ammoniaque et ne pas chercher ailleurs la cause d'un résultat douteux.

Le liquide n° 1 ne doit être ni acide ni alcalin. L'ammoniure doit cependant incliner vers l'alca-

linité. Si l'on dépassait cette limite indécise, le métal se précipiterait au fond du flacon où il doit être en équilibre instable.

Toute la méthode est basée sur la préparation précise de cette première dissolution, et nous ne saurions trop insister pour tenir le préparateur en éveil. On ajoute ensuite à ce bain 100^{cc} d'eau distillée.

4. On prépare le sucre interverti dans un vase en porcelaine allant au feu où l'on met 25^{gr} de sucre candi blanc, le plus blanc qu'on peut trouver et 250^{gr} d'eau distillée. L'eau est acidulée avec 3^{gr} d'acide tartrique.

Le poêlon est ensuite porté sur un fourneau où la liqueur reste en ébullition pendant une demi-heure. L'eau qui s'évapore est remplacée à mesure.

On mélange enfin au liquide refroidi 50^{cc} d'alcool à 40° et 200^{cc} d'eau distillée. Cette solution doit être filtrée ainsi que les autres sur un filtre en papier.

Décapage.

Les pièces à argenter sont d'abord passées dans un mélange de :

Eau.	100^{cc}
Acide azotique pur.	25

Après avoir été rincées à l'eau ordinaire, ces

pièces sont frictionnées avec une brosse trempée dans une solution de potasse.

Eau	100cc
Potasse à l'alcool	10gr

Ce décapage suffirait pour les substances qui ne supporteraient pas l'immersion dans le mélange d'eau et d'acide azotique.

Il faut, en dernière opération, rincer les objets avec l'eau dont la qualité est indiquée dans les formules et les immerger entièrement, sans attendre, dans l'eau distillée qui les met à l'abri de l'oxygène de l'air en attendant l'argenture.

Le lecteur consultera notre *Traité de Céramique photographique* (1) pour trouver les explications utiles relativement à la mise au bain et à l'argenture des glaces.

Voici les proportions exactes du mélange des diverses solutions qui constituent le bain définitif de dépôt.

Flacon	N° 1. Solution d'argent	12cc
»	N° 2. Ammoniaque	8
»	N° 3. Potasse	20
»	N° 4. Sucre interverti	4
»	N° 5. Eau distillée	25

Le mélange des produits doit se faire vivement. On agite le mélange avec une baguette de verre,

(1) GEYMET, *Traité pratique de Céramique photographique* Épreuves irisées or et argent. (Complément du *Traité des émaux photographiques*). In-18 jésus; 1885 (Paris, Gauthier-Villars.)

et on le verse avant tout commencement de réaction qui s'accuse par le trouble du liquide qui vire au brun, sur les pièces qu'on a disposées au fond d'une cuvette pleine d'eau distillée qu'on rejette pour faire place au bain d'argent.

Si la réaction des produits mis en présence ne se produit pas après une ou deux minutes, le flacon n° 1, ou mieux le contenu du flacon est trop alcalin. Il n'y a pas de résultat à attendre.

En cas contraire, le bain étant dans de bonnes conditions, le liquide commence à brunir et le trouble du bain indique que le dépôt de métal commence. En vingt minutes le liquide laisse déposer tout le métal qu'il tient en suspens. Il reprend sa transparence et la fin de l'opération est indiquée par une couche d'argent brillant qui couvre la surface du liquide.

La chaleur active la rapidité du dépôt. Cette argenture ne peut être faite, l'hiver, que dans une pièce chauffée à 25°; mais on remplace, au besoin, la chaleur ambiante en portant la cuvette près d'un foyer quelconque. Il faut se garder d'opérer à une température trop élevée. Le bain doit osciller entre 25° et 30°.

Le procédé ne comporte pas des bains trop chargés d'argent; aussi une seule couche ne serait-elle pas assez résistante, mais on peut recommencer l'opération, et trois dépôts successifs conduits de la même manière donnent un dépôt solide

Les pièces ne doivent pas rester à l'air libre au cours des opérations. On les garde sous l'eau distillée avant de procéder au second et au troisième dépôt.

Ce bain versé dans un ballon ou dans un flacon, dépose une couche brillante et miroitante d'argent sur la surface intérieur du verre, et donne, comme résultat, les globes qui servent à l'ornement des jardins. L'acide citrique, le tartrate de potasse et de soude, le coton fulminant, les résines, les essences, tous les corps organiques, en général, ont la propriété de précipiter les métaux de leur dissolution.

Nous pourrions indiquer d'autres combinaisons analogues pour l'argenture, mais nous préférons nous borner à cette formule à laquelle nous nous sommes conformé dans tous nos travaux et qui nous a constamment donné des résultats pratiques et certains.

Cette méthode s'applique à la dorure, au cuivrage ou au platinage. On substitue à l'oxyde d'argent l'oxyde du métal qu'on veut déposer, en redressant le sel acide par l'ammoniaque ou par la potasse.

L'oxyde formé est comme précédemment redissous par un excès d'ammoniaque ou de potasse, et le bain définitif est combiné d'après les proportions indiquées par la formule d'argenture.

CHAPITRE IV.

DÉPOTS DE PROTECTION

Dépôts sur fer, sur fonte et sur plâtre. — Cuivrage des statues grandeur naturelle.

Cette partie de la Galvanoplastie est du ressort de la grande industrie métallurgique. Il n'est plus question maintenant de reproduire un modèle, mais de recouvrir un métal oxydable ou une pièce fragile d'un dépôt de cuivre assez épais, capable de la garantir contre les intempéries en lui communiquant en même temps plus de valeur artistique, en raison de la souplesse et de l'harmonie que le cuivre donne à la ligne.

On ne revêt d'une couche de cuivre que les statues en fonte de grandes dimensions, les candélabres des voies publiques, les fontaines monumentales, les vases et les pièces décoratives qui ornent les places publiques.

Nous avons déjà vu que la Galvanoplastie était en mesure de reproduire les statues grandeur nature en réunissant par des soudures chaque

pièce moulée séparément et reconstituées par dépôt galvanique.

L'opération dont nous nous occupons en ce moment n'a plus le même but.

On ne surmoule pas les pièces que nous allons soumettre au bain de cuivre.

Il n'est pas question, en un mot, de les reproduire, mais de les enfermer dans un étui métallique qui en prendra les formes et qui en rendra la durée plus longue et l'entretien plus facile, tout en leur donnant une enveloppe plus riche.

Nous savons déjà qu'il n'est pas possible de mettre en contact avec un bain d'un métal quelconque, un autre métal plus oxydable, car le bain attaque immédiatement le métal, et l'oxyde qui se forme sur la pièce immergée s'oppose à l'adhérence et même à la formation du dépôt.

On a vu que le fer et la fonte n'étaient aptes à recevoir le cuivre que dans le bain alcalin qui n'a pas d'action sur ces matières. Mais le bain alcalin au cyanure est d'un prix trop élevé pour le cuivrage des pièces dont les proportions exigent des cuves immenses.

Le dépôt, du reste, se fait lentement et irrégulièrement sous forte épaisseur dans le bain alcalin et l'on atteindrait difficilement l'épaisseur nécessaire pour protéger les grosses pièces de fonte et de fer.

On revient à tort aujourd'hui à la méthode alca-

line de cuivrage pelliculaire pour rendre possible le dépôt épais au bain acide.

Nous approuvons les maisons qui persistent à continuer l'ancienne méthode mise en pratique, à Paris, par la maison Oudry et Cie, à Bruxelles, par C. Alker, qui déposent le cuivre sur un corps non conducteur appliqué préalablement sur la fonte.

On sait qu'une couche métallique plus ou moins pelliculaire, déposée par la pile, n'a ni le grain serré ni la texture du métal fondu et laminé.

La couche galvanique mince n'est qu'un réseau, un filet à mailles serrées, dont les ouvertures ou pores sont pénétrables même par les agents atmosphériques, quand le métal n'a pas une épaisseur suffisante.

La couche livre donc passage au bain acide quand elle est immergée dans le bain de sulfate. Malgré le second dépôt plus épais, dès lors solide, du bain de Galvanoplastie, l'acide emprisonné entre la fonte et la couche extérieure reste comme élément destructeur entre les deux métaux et l'action corrosive s'accroît avec le temps.

Il faut considérer en outre que le coefficient de dilatation du cuivre et de la fonte n'est pas le même et que le passage brusque d'une température élevée à une température beaucoup plus basse déterminera des ruptures dans la couche de revêtement.

Ces inconvénients qui sont très graves ne se rencontrent pas dans l'ancienne méthode qui n'admet pas le dépôt de cuivre directement sur la fonte et sur le fer, mais sur une couche intermédiaire qui laisse une certaine limite pour le jeu de dilatation inégale et, en quelque sorte, un espace neutre et vague, en prévoyance de la variation de densité entre les deux métaux. Cette couche s'oppose d'autre part à la pénétration de l'acide jusqu'à la fonte.

Nous décrirons les deux méthodes laissant à chacun la liberté d'apprécier et de choisir, mais nous dirons quelques mots avant sur le dépôt fait sur plâtre.

Le revêtement en cuivre des statues grandeur nature en plâtre et des pièces coulées en fonte s'exécute dans le bain simple comme tous les travaux importants de Galvanoplastie.

Le poids de la matière effondrerait les cuves les plus solides en bois doublées de gutta-percha. Aussi les bains sont-ils creusés en terre et les fosses sont protégées au fond par une assise de briques mises sur champ, les côtés sont soutenus également par des briques ; le tout est recouvert d'une couche de ciment composé de chaux vive et d'argile.

Toute protection en dehors d'une dernière doublure en feuille de plomb d'un demi-centimètre d'épaisseur pour garantir la solution de cuivre

contre les infiltrations dans le sol serait faite en pure perte.

On établit une grue roulant sur des rails en fer disposés parallèlement sur la longueur du bassin et, par le maniement des poulies, les pièces amenées sur le bord sont enlevées et descendues commodément dans le bain de cuivre. Une pompe aspirante en bois permet de vider la fosse et de transverser la solution dans le bain voisin si le bain est troublé par les opérations précédentes et quand on s'aperçoit d'une fuite par la diminution du liquide.

Ces dépôts à moule perdu se font quelquefois sur des statues en plâtre. C'est ainsi qu'on a cuivre, dans l'usine d'Haeren, une copie faite au Louvre de la Vénus de Milo qui a figuré à la dernière exposition d'électricité et qui a obtenu une médaille d'argent. M. Ch. Alker, notre ex-associé, avait pris la direction du travail.

Mais plonger une statue plus grande que nature dans le liquide à 100° dont il a été question est une opération non pas impossible, mais trop coûteuse.

Ce serait cependant la seule méthode à suivre pour imperméabiliser le plâtre et le mettre ainsi à l'abri des atteintes du bain acide.

Il faut se borner à imbiber le plâtre quand il est sec avec de l'huile de lin bouillante et recommencer cette opération le plus souvent et le plus longtemps possible en laissant un intervalle de

trois ou quatre jours entre chaque application. On mêle pour les dernières couches de la résine, de la cire jaune et de la stéarine à l'huile de lin, et l'on badigeonne à chaud en surveillant l'épaisseur de la couche sur les parties délicates qui ne doivent pas être empâtées. On s'acharne surtout sur les parties creuses qu'il faut imperméabiliser à tout prix et qui sont les points prévus où les accidents se produisent. Les couches du corps gras et résineux doivent se succéder les unes aux autres jusqu'au moment où l'on estime que le plâtre est suffisamment saturé. On passe alors du bronze en poudre très fin à la brosse sur toute la surface de la statue et l'on termine par plusieurs frictions à la plombagine.

On se sert d'une brosse douce, mais assez ferme pour donner au graphite le brillant du métal.

On pique alors des épingles en cuivre sur tous les points de la statue en les forçant à pénétrer dans le plâtre. Les épingles sont reliées entre elles avec des fils de cuivre qu'on fait porter sur le plâtre plombaginé et qu'on relie ensemble sur plusieurs points de la statue. On les réunit en faisceau. On repasse la brosse à plombaginer sur les fils pour les forcer à prendre les contours du modèle.

Le courant ainsi divisé trouve cent chemins différents et les dépôts partiels qui ne tardent pas à se souder l'un à l'autre arrivent en peu de temps

à couvrir la statue tout entière d'une couche de métal peu épaisse au début, mais qui suffit pour assurer le résultat.

Le courant doit être énergique au départ. Il importe à tout prix que le plâtre soit recouvert dans son entier le plus rapidement que faire se peut. La pièce est sauvée et il importe peu après ce premier dépôt que le plâtre sous-jacent soit pénétré ou non et attaqué par l'acide sulfurique mis en liberté par la décomposition du sulfate de cuivre.

L'industrie ne fabrique pas de vases poreux assez longs pour descendre jusqu'au fond du bain en émergeant du liquide qui a quelquefois deux mètres de profondeur de couche. Ces vases hors dimension ne peuvent même pas être obtenus sur commande directe en fabrique. Mais on atteint la hauteur voulue en ajustant les vases deux à deux par une soudure à la gutta-percha après avoir scié le fond du premier.

On peut en superposer trois. Ces vases sont descendus dans le bassin; ils sont quelquefois suspendus sur les bords de la cuve sans toucher au fond.

Chaque vase poreux reçoit une lame épaisse de zinc bien amalgamée. On surveille l'état du zinc et le mercure est renouvelé quand le besoin s'en fait sentir. On évite de recommencer trop souvent cette opération en déposant quelques grammes de

bisulfate de mercure dans les vases poreux.

Chaque zinc est relié à deux ou trois fils conducteurs qui sont fixés aux épingles piquées dans la statue, et qui propagent le courant en tous sens.

On amorce au début les vases poreux en y versant de l'eau acidulée au dixième par l'acide sulfurique.

L'addition d'acide est inutile quand la statue est entièrement recouverte et que l'opération du cuivrage ne court plus aucun danger. On peut cependant continuer d'activer la décomposition du zinc par l'acide, quand le travail presse et que la livraison est à jour fixe.

De toute manière, on ne doit pas négliger de suspendre sur les bords de la cuve des paniers en osier pleins de cristaux de sulfate de cuivre, qui plongent à moitié dans le liquide. Ces cristaux sont remplacés à mesure qu'ils se dissolvent. C'est le seul moyen de maintenir le bain en état de saturation.

On enlève par série, tous les deux jours, une partie des vases poreux pour renouveler l'eau, qui se sature de sulfate de zinc. Les zincs sont amalgamés et les vases remis en place, après avoir été remplis d'eau acidulée.

La statue doit être retournée plusieurs fois. Si l'on remarque des parties faibles, on pose des vases poreux sur la couche de cuivre déjà formée en reliant au zinc du vase le fil conducteur qui est en

communication directe avec la partie qui réclame des soins. Il faut environ quinze jours pour former un dépôt de $0^m,002$ d'épaisseur.

On relève alors la statue, qui est travaillée après coup à la lime sur les parties qui présentent des rugosités. La pièce est ensuite bronzée, comme il sera dit plus loin.

On se butte quelquefois à de sérieuses difficultés, quand le cuivre refuse obstinément à se porter dans les creux. Il faut alors retirer la statue du bain pour éviter des dépenses inutiles de cuivre, puisque la couche a une épaisseur suffisante sur toutes les autres parties. On établit des auges locales, dont la statue forme le fond en fixant des bandes de gutta-percha sur la pièce. Ces bandes enveloppent la partie défectueuse. La cuvette improvisée est remplie de sulfate de cuivre en solution, et l'on descend dans l'auge un petit vase poreux. On établit le contact du zinc avec un point quelconque de la partie entourée en le fixant sur le cuivre qui s'est déposé sur la partie la plus voisine de l'espace où le manque s'est produit.

Il est indispensable, avant de procéder à cette retouche, de couvrir le plâtre d'une couche liquide de gutta-percha dissoute dans le sulfure de carbone et de métalliser à l'azotate d'argent réduit par les vapeurs de phosphore. Malgré ces dispositions, il faut recourir à certains subterfuges pour forcer le cuivre à descendre dans les creux, c'est-

à-dire dans les parties rentrantes de la statue, qui sont principalement le dessous des bras et les parties qui touchent au bassin.

Cette opération peut être faite en dehors du grand bain de cuivre, en plaçant la statue dans une position convenable, mais l'opération est plus rapide dans une cuve spéciale remplie d'eau acidulée au dixième par l'acide sulfurique, qui servira plus tard à composer d'autres bains.

On remplit le creux de cristaux et l'on établit le contact avec le zinc du vase poreux, un peu au-dessus de la cavité. Le dépôt commence alors par le haut. On maintient le creux plein de sulfate de cuivre jusqu'au moment où le métal tapisse tout l'intérieur du vide. On n'en met plus alors que jusqu'au tiers et ensuite jusqu'au quart. Le dépôt ne s'opère alors que dans les parties les plus profondes, puisque le bain dans la partie supérieure ne se compose que d'eau acidulée incapable de former un dépôt.

La difficulté dans le cuivrage du plâtre à moule perdu réside, comme on le voit, dans l'imperméabilisation de la surface. C'est une difficulté d'un autre genre qu'il s'agit de vaincre dans le revêtement de la fonte et du fer.

Un dépôt de cuivre adhérent est incompatible sur des métaux oxydables, la surface qui doit recevoir le dépôt étant rongée par le bain galvanique.

La fonte prend d'abord une belle couche de métal, mais, après le premier contact, la couche noircit, se transforme en boue et finit par se détacher.

C'est l'acide sulfurique du bain qui décompose la fonte. Le cuivre se réduit, il est vrai, à mesure, même sans courant, le fer et le cuivre se décomposant l'un par l'autre, mais le courant même est impuissant à fixer le métal, qui se porte au pôle négatif, et qui ne trouve comme point d'attache qu'une surface qui se dérobe, qui se transforme en oxyde et qui manque de fixité. La difficulté est tournée en forçant le cuivre à se fixer, non plus sur la fonte, mais sur une matière inoxydable. On rend la couche intermédiaire conductrice par une double application de bronze en poudre et de plombagine.

Le dépôt qui n'adhère que par intermédiaire n'en est pas moins solide, quoique l'union soit moins intime, car la couche protectrice enveloppe si étroitement la fonte dans tous ses développements, que les deux métaux sont comme soudés l'un à l'autre, et l'on obtient comme avantage le jeu nécessaire à la dilatation de chaque métal.

Mais tout procédé a ses exigences : il faut, en créant les modèles en fonte destinés au cuivrage, éviter avec soin les angles trop prononcés. L'ornementation de la pièce dans son entier doit affecter des formes arrondies, dans le candélabre princi-

palement, qui est exposé à tous les chocs dans les rues des grandes villes. La statue élevée sur son piédestal court moins de risques.

C'est, en général, par ses parties anguleuses que la couche de cuivre se déchire. On répare ces accidents en remplissant le vide avec une soudure très fusible, qui prend la couleur du cuivre par un mélange de bronze en poudre.

C'est par ce procédé que nous avons cuivré à Bruxelles, avec M. C. Alker, les candélabres de la place du Congrès et de la rue Royale.

Les fontaines de la place de la Concorde et presque tous les candélabres des rues de Paris ont reçu une enveloppe pareille dans la maison Oudry, qui a mis le procédé en faveur.

Le cuivre n'exige que peu d'entretien et supprime l'emploi de la peinture à l'huile, qui voilait la délicatesse des formes et qu'on était forcé de renouveler à courte échéance. Les pièces en cuivre plein vaudrait mieux, mais le budget de la Ville n'y suffirait pas, surtout dans ce temps où le piédestal devient une maladie endémique.

Les pièces sont recouvertes d'huile de lin siccative chargée de minium, qu'on étend au pinceau et à chaud.

On rend l'huile de lin très siccative en la combinant sur le feu avec l'oléate de manganèse.

Pour préparer ce produit, on fait un premier mélange d'huile de lin et de soude caustique (les-

sive du savonnier). Le résultat de la combinaison est un savon de soude, qu'il faut dissoudre dans l'eau en ajoutant un peu d'alcool.

On verse peu à peu dans le savon, après dissolution, du chlorure de manganèse en solution. Le sel de manganèse se combine avec le savon en brassant vigoureusement le mélange.

Le produit jaune résultant est l'oléate de manganèse, qui est très avide d'oxygène et qui communique cette propriété à l'huile de lin pour former avec l'huile un produit très siccatif.

Une seule application de vernis sur la fonte ne suffit pas. Afin d'éviter tout accident au cours de l'opération, qui forcerait à recommencer le travail, on pose successivement trois couches, en laissant par prudence un intervalle de repos de sept à huit jours entre deux applications pour donner au vernis le temps de sécher. La lenteur du vernissage peut être activée en passant les pièces dans l'étuve chauffée modérément.

Depuis quelques années, la maison Oudry a remplacé le minium par le bronze en poudre, qu'elle mélange à l'huile de lin. Mais, à notre avis, le minium ou le bronze en poudre mêlés à l'huile de lin ne constituent pas un vernis assez résistant. Il est utile d'interposer dans leur succession une couche de vernis copal gras. Cette résine très dure isole mieux la fonte et s'oppose à la pénétration de l'acide.

Nous conseillons encore, avant toute application et comme première couche, une dissolution de bitume de Judée dans l'essence de térébenthine. Si mince qu'elle soit, une couche de ce vernis serait seule suffisante pour préserver la fonte, surtout si l'on prend le soin de l'exposer pendant quelques heures au soleil.

Cette résine s'oxyde sous les rayons lumineux qui la rendent insoluble et impénétrable aux acides.

Les pièces métallisées d'abord à la poudre de bronze, puis à la plombagine vigoureusement frictionnée à la brosse dure, qui rend le graphite miroitant, sont descendues dans le bain de cuivre. Mais le contact doit être établi avec quelques vases poreux avant l'immersion. Nous avons dit ailleurs qu'une addition de suie calcinée améliorait le bain. On dissout la suie dans une partie du liquide préparé et, après filtration, la partie du liquide qui a dissous la suie est mélangée au tout.

La mise au bain, avons-nous dit, n'a lieu qu'après avoir établi d'avance quelque communication entre la pièce à cuivrer et les vases poreux. Ce contact préalable a pour but de faire arriver immédiatement le courant sur la pièce et d'éviter un dégagement considérable de bulles d'air qui, en se fixant sur la plombagine, arrêteraient le dépôt immédiat du cuivre.

On descend après les autres vases poreux dans

REGIONAL LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

le bain. On les espace sur la longueur de la pièce, à une distance de $0^m,01$, et les conducteurs fixés sur la plombagine sont ensuite reliés aux zincs des appareils.

Les couches de vernis et le dépôt de cuivre qui forment une certaine épaisseur, ne permettent pas d'employer cette méthode pour cuivrer les objets délicats. On se sert, dans ce cas, du bain alcalin de cyanure, qui laisse mieux ressortir le moelleux des ornements et la finesse des détails.

Sur les grandes pièces ce défaut n'est pas apparent. La couche de vernis y produit l'effet contraire. Le coup d'œil se porte sur l'ensemble et non sur les détails.

Du reste, les rugosités de la fonte sont voilées sous le poli de la couche et le dépôt est beaucoup plus lisse sur la fonte vernie et préparée que sur la fonte brute.

Ce procédé a surtout pour avantage de snpprimer le décapage de la fonte, qui est remplacé par un nettoyage à l'eau seconde de potasse.

Il est toujours facile de donner le brillant à un motif en fonte sans importance et de le lisser au sable humecté d'eau acidulée par l'acide sulfurique, mais cette opération est trop coûteuse pour les pièces monumentales. Le décapage reviendrait aussi cher que le cuivre galvanique, dont le prix peut être évalué à 1^{fr} le kilogramme.

Dans quelques grandes industries métallur-

giques, on a adopté depuis quelque temps un autre procédé pour cuivrer la fonte qui n'offre pas une grande économie, quoique on en dise, ni même une économie de main-d'œuvre et dont la valeur est encore problématique.

Les pièces sont d'abord décapées à l'acide sulfurique. On les passe après dans un bain du potasse d'Amérique bouillant pour neutraliser l'acide.

On obtient à la pile un cuivrage direct sur la fonte dans un bain de tartrate d'ammoniaque et de cyanure de potassium.

Le bain est bon à employer quand le courant décomposant de larges anodes en cuivre a saturé la dissolution de métal. Ces procédés récents, qui ont une grande analogie avec les anciens bains alcalins sont encore à l'état d'essais, quoique des pièces importantes et nombreuses soient déjà livrées au commerce.

Rien ne prouve encore que le cuivrage direct sur fonte soit aussi solide que le dépôt fixé sur la couche intermédiaire du vernis. Le temps, en éprouvant les produits, décidera si tous ces procédés qui sont les mêmes au fond, mais qui varient dans chaque maison par le dosage et par les substances alcalines employées, pourront lutter avec l'ancienne méthode qui a fait ses preuves.

CHAPITRE V.

PROCÉDÉ HÉLIOGRAPHIQUE.

Mise en creux par la pile des reliefs en gélatine inerte, pour planches en taille-douce. — Reproduction des tableaux et des dessins ombrés.

La Photogravure désigne plus spécialement le procédé qui reproduit sur planche de cuivre les dessins avec demi-teintes. Le métal qui formera la planche est déposé par le bain ordinaire de Galvanoplastie sur un relief en gélatine.

Ce relief est donné par une feuille de gélatine colorée, ou par une feuille de papier au charbon.

Dans la Photogravure, le courant électrique n'intervient que pour former un dépôt de cuivre. C'est du contraire qu'il s'agit dans la gravure électro-chimique. Le courant est interverti. La planche à graver qui est livrée par le planeur et qui n'est pas à créer, joue le rôle d'anode, et le cuivre s'en détache pour se porter sur le pôle positif. Le courant attaque donc et creuse les parties mises à nu par l'opération héliographique.

Dans ce genre de gravure, qu'il s'agisse de creux

ou de reliefs, l'acide peut remplacer le courant électrique.

On appelle gravure chimique la morsure sur zinc ou sur cuivre qui donne les clichés destinés à l'illustration des journaux quand le dessin est obtenu, soit héliographiquement, soit par report.

Cette partie a été traitée dans ceux de nos Ouvrages qui renferment la description des procédés de photolithographie et de phototypie [1].

PHOTOGRAVURE PAR GALVANOPLASTIE.

Papier gélatiné. — Papier au charbon.

On obtient de plusieurs manières, le procédé restant le même, le type en relief sur gélatine, qui sera bientôt reproduit en creux sur la planche de cuivre.

N'oublions pas, pour bien fixer les idées, que nous ne nous occupons pour l'instant que de la reproduction, pour le tirage en taille-douce, des dessins avec demi-teintes et principalement de l'épreuve donnée par le négatif photographique représentant des objets pris sur nature : portraits, groupes, paysages. La reproduction des tableaux entre surtout dans ce cadre.

On peut se servir pour former le relief d'une

[1] Paris, Gauthier-Villars.

feuille de gélatine ou d'une feuille de papier au charbon.

La feuille de gélatine ne doit pas être libre. Elle sera soutenue par une feuille de papier qui permettra de s'en servir plus facilement.

L'industrie ne fournit rien d'approprié à ce genre d'opération. Il faut préparer soi-même le papier gélatiné, ce qui n'est pas difficile. Mais on trouve dans le commerce du papier au charbon excellent et laissant après le dépouillement de l'épreuve un relief suffisant.

Préparation de la feuille gélatinée.

Nous établissons, en principe, pour l'intelligence de ce qui suit, que le relief donné par une surface gélatinée rendue sensible par le bichromate de potasse n'a aucune utilité pour la reproduction des demi-teintes.

Nous parlons du relief qui se développe sur la couche de gélatine par son immersion dans l'eau froide après qu'elle a été exposée à la lumière sous un négatif. Il ne faut pas songer à transformer ce relief en creux en moulant au plâtre ou à l'aide de toute autre matière plastique. Ce moulage peut être fait sans difficulté, mais aussi sans résultat pratique, sauf le cas indiqué dans le moulage sur gélatine.

Dans ce travail, comme dans l'impression sur

gélatine (Phototypie), ce relief ne peut pas être utilisé. Il faut cependant en tenir compte en vue d'autres applications.

Il faut, pour le cas qui nous occupe, transformer le creux en relief sur l'épreuve, et c'est l'eau chaude qui nous permettra d'opérer cette transformation. Il suffit de laisser agir l'eau chaude sur la gélatine, la transformation se fera d'elle-même. C'est donc du creux inerte, rendu insoluble par la lumière et qui se transforme en relief quand le relief soluble a été dissous par l'eau chaude dont nous avons à tenir compte.

Ce qui vient d'être dit sera rendu plus clair par les explications qui suivent. Car il est très important de bien comprendre la transformation du creux en relief.

Si l'on expose à la lumière une feuille entière de gélatine sensibilisée, la gélatine devient insoluble sur toute l'étendue de la feuille, et cette feuille immergée dans l'eau froide ou dans l'eau chaude n'offrirait à l'œil aucun changement appréciable. La couche de gélatine en sortant des bains conservera l'épaisseur qu'elle avait avant d'être exposée à la lumière.

Il n'en sera pas de même si, en exposant la feuille à la lumière, on a le soin de couvrir d'un carton la moitié de la feuille pour la soustraire à l'action décomposante du jour.

Voici ce qu'on observera si l'on immerge la feuille

entière, d'abord dans l'eau froide et ensuite dans 'eau chaude.

Dans le bain froid, la partie soustraite à la lumière se gonflera et l'autre moitié ne subira aucun changement. La moitié de la feuille présentera donc un relief fortement accusé.

C'est le contraire qui se manifestera dans le bain chaud : la partie en relief sera dissoute. La partie insolée, inerte, insoluble, ne subira pas de modification. On aura donc d'un côté de la feuille le papier mis à nu, puisque la gélatine qui y formait un relief aura été dissoute, et sur l'autre moitié une épaisseur de gélatine insoluble. Cette partie sera donc en relief par rapport à l'autre moitié de la feuille qui aura été dépouillée de sa gélatine par l'eau chaude et sur laquelle il ne restera que le papier.

C'est ce relief insoluble que nous utiliserons.

On observera le même fait si l'on expose la feuille entière de gélatine sous un négatif.

La gélatine prendra du relief dans l'eau froide et ce relief sera dissous par l'eau chaude sur tous les points soustraits à la lumière. Les parties insolées, par contraire, conserveront l'épaisseur que la couche entière accusait avant l'exposition au jour.

Voilà le principe. Mais, dans le cas de l'exposition de la couche gélatinée sous un négatif de demi-teintes, les choses se passeront autrement. Les

reliefs solubles seront plus ou moins accusés en raison de la lumière qu'ils auront reçue à travers le cliché. La couche entière sera donc dissoute à des profondeurs inégales et, après dessication, la couche inerte représentera en relief le dessin à reproduire par des épaisseurs plus ou moins accentuées de gélatine.

On obtiendrait des traits sans finesse si, couvran de gélatine une planche de cuivre, on sensibilisait la couche pour l'exposer sous un négatif. On appelle négatif en Photographie le cliché sur verre.

En opérant comme il vient d'être dit, on attaquerait par l'eau chaude la couche de gélatine qui a été directement influencée par la lumière, tandis que pour obtenir un bon relief, fin et accusant tous les détails, il faut dissoudre la gélatine sur la face qui porte directement sur le cuivre. On ne peut donc pas étendre la gélatine sur une planche de cuivre à moins de la détacher de son support au moment de l'insolation et de l'y assujettir à nouveau en sens inverse pour procéder au dépouillement. On pourrait, à la rigueur, procéder de cette manière. On le fait même quelquefois. Mais on arrive au même résultat par des moyens plus faciles, c'est-à-dire en coulant la couche de gélatine sur papier pour la fixer, après l'insolation, sur une glace ou sur un cuivre.

On voit alors que la face insolée adhère au

support. Le dépouillement commence sur le côté inverse.

Le papier qui soutient la couche se détache et les parties solubles sont attaquées et dissoutes par l'eau chaude, en raison de la pénétration de la lumière.

Préparation du papier.

On choisira un papier lisse d'une bonne épaisseur. Il doit peser de 20 à 25^{kg} la rame. On humecte régulièrement les feuilles et on les place à cheval sur une ficelle pour les laisser égoutter.

On étend la feuille sur une glace qu'on mouille sans excès avec une éponge. La glace est supportée par trois pieds à vis et mise d'aplomb à l'aide d'un niveau à bulle d'air. Il importe que la couche de gélatine ait la même épaisseur dans toute l'étendue de la feuille.

Les bords du papier sont relevés en cuvette à l'aide de quatre règles posées sur le support.

La gélatine qui doit former la couche est dissoute au bain-marie ou à défaut sur un feu doux. Voici le dosage :

Eau	250^{cc}
Gélatine	30^{gr}
Sucre ordinaire	2

Ce mélange est versé chaud sur la feuille avec une épaisseur de 0^{m},003. On enlève les bulles d'air

avec une bande de papier qui rase la surface et l'on donne à la gélatine le temps de se prendre en gelée suffisamment résistante.

Quand la surface de la couche ne cède plus à la pression du doigt, la feuille est soulevée délicatement, car le papier humide est peu résistant. On la porte sur une surface plane quelconque. On ne la suspend que quelques heures plus tard en la piquant avec des épingles aux deux angles du haut.

Les feuilles sont séchées dans une pièce aérée et chauffée. En été, ce soin est inutile.

Il est bon de colorer la gélatine en rouge avec une décoction d'orcanette ou avec toute autre matière colorante inerte mais finement phorphyrisée. Les couleurs d'aniline qui rendraient la couche insoluble, ne sont pas à employer.

On apprécie mieux plus tard la valeur du relief sur la gélatine colorée.

La quantité de gélatine peut être augmentée, si l'on désire des creux plus profonds sur la planche définitive.

On peut, comme nous l'avons dit, se servir de papier au charbon.

Les feuilles qui offrent le plus d'épaisseur de couche sont les meilleures. On choisit le numéro qui est employé pour faire les transparents.

Les feuilles gélatinées ne sont sèches qu'après deux ou trois jours. Elles subissent des retraits en séchant. Quand elles ne collent plus aux doigts,

les feuilles sont portées dans une pièce humide, où elles reprennent leur souplesse. On les met sous pression pour les redresser.

Sensibilisation.

Le papier est rendu sensible à la lumière par une immersion de trois minutes dans un bain de bichromate. Cette opération se fait en lumière faible dans la partie la plus sombre de la pièce où l'on travaille.

BAIN SENSIBILISATEUR.

Eau ordinaire.	1lit
Bichromate de potasse.	30gr

Ce bain peut servir plusieurs fois); on le filtre après chaque opération.

Nous avons dit plus haut que la pellicule de gélatine pouvait être étendue sur une glace ou sur un cuivre plané.

On doit éviter, en procédant de cette manière, de sensibiliser la gélatine liquide en l'étendant sur le support.

Cette méthode est défectueuse. La couche ne sèche pas du jour au lendemain. Il faut l'abandonner deux ou trois jours au séchoir pour l'obtenir à l'état sec, et l'on ne peut pas hâter ce résultat par trop de chaleur sans nuire à la solubilité de la la pellicule. Or, après ce laps de temps, la gélatine,

détachée de la glace ou du cuivre serait insoluble, surtout en été. On étendra donc sur le verre ou sur le métal, la gélatine sans addition de bichromate, et quand elle sera sèche, on immergera le tout, gélatine et support, dans le bain sensibilisateur.

La couche sera pénétrée en trois minutes par le liquide, et elle pourra sécher en trois ou quatre heures. La pellicule conservera toute sa solubilité. Après l'avoir détachée du support et après l'exposition, on la fixera sur une glace, en se conformant aux indications qui suivront.

Quelle que soit la méthode adoptée pour former la couche, la gélatine ne doit séjourner pas plus de trois minutes dans le bain sensibilisateur.

Il faut, en été, rafraîchir le bain si la température est trop élevée.

Les feuilles sont entièrement immergées dans l'eau bichromatée qu'on verse dans une cuvette photographique avec une couche liquide de $0^{m},02$ de hauteur. On évitera de mettre les faces gélatinées en contact; elles s'attacheraient les unes aux autres.

Le côté du papier fera toujours face au fond de la bassine, et l'on suivra cet ordre quand on aura plusieurs feuilles à passer au bain.

Chaque feuille retirée du liquide sera mise à plat, la gélatine en dessus, sur une glace. On en lissera la surface avec un blaireau trempé dans le

bain pour s'assurer que le liquide a pénétré partout et pour enlever les bulles et au besoin les corps étrangers qui pourraient adhérer à la couche. Un bout de chiffon peut remplacer le blaireau. On peut les éponger avec une feuille de papier buvard pour en activer la dessication.

Les feuilles à l'état humide sont peu sensibles Il faut toutefois les préserver de la lumière. Elles passent, pour sécher, dans un cabinet complètement obscur, bien aéré et légèrement chauffé en hiver.

Elles sèchent spontanément en cinq ou six heures en été. Il faut trois fois ce temps en hiver. La gélatine deviendrait insoluble, si l'on voulait hâter la dessication par trop de chaleur.

Le papier est toujours raccorni après le séchage, mais il reprend sa souplesse, si la feuille est abandonnée pendant une demi-heure dans un endroit humide et obscur; car, à l'état sec, les feuilles doivent être soustraites avec le plus grand soin à la lumière.

Il faut se défier en posant le papier sur le négatif : s'il restait la moindre trace d'humidité, la gélatine s'attacherait sur le vernis, et le cliché serait perdu. Si l'on a des doutes, on passe du talc au blaireau sur la couche, en prenant le soin d'épousseter ensuite, pour enlever toute trace de poussière libre. Les aplats gris qui tachent la gélatine sont pénétrables à la lumière.

Exposition à la lumière.

L'insolation doit se faire aussitôt que le papier sensibilisé est sec.

Si cette opération a lieu le jour même, le résultat, sauf ce que nous ajouterons, est certain. Le lendemain, surtout en hiver, le papier est encore soluble ; mais il faut renoncer à se servir des euilles dont le passage au bain remonte à trois jours.

Le temps de pose serait la plus grande difficulté du procédé si on n'avait pas un guide. Ce guide est un instrument nommé *Photomètre*. On peut le construire soi-même en quelques minutes et sans frais. Cet appareil n'est pas nécessaire, mais il est fort utile. Nous en donnons la description en deux mots.

Vous prenez une bande de carton de $0^m,05$ ou de $0^m,06$ de largeur et de $0^m,10$ de longueur ; vous le percez à jour à l'emporte-pièce, à des distances égales, de quatre ou cinq ouvertures ; une seule pourrait suffire. Vous collez sur toute la longueur du carton d'abord un papier de soie plié en quatre : ces feuilles transparentes superposées et celles que nous ajouterons encore, servent d'écran pour arrêter le passage de la lumière. Vous continuez à coller une simple épaisseur de papier sur les ouvertures moins une, une autre épaisseur sur es ouvertures moins deux, etc. Vous obtenez ainsi

huit feuilles sur la première ouverture, sept sur la seconde, etc., et quatre enfin sur la dernière. On termine l'appareil en fixant au-dessous une bande de carton pareille à celle de dessus qu'on relie à celle-ci par un morceau d'étoffe. Les deux cartons s'ouvrent alors comme un livre et l'on fixe sur le carton supérieur un verre de même dimension pour préserver les papiers en temps de pluie. Le carton formant le dessous de l'appareil ne doit pas être fixé sur le papier ; il doit s'ouvrir librement sur une charnière en étoffe.

Au moment de l'insolation, on place une bande de papier photographique au-dessous des épaisseurs de papier et l'on rabat le carton, comme on le ferait pour fermer un livre.

Le papier sensible noircit plus ou moins dans un temps donné, suivant que le jour traverse des épaisseurs plus ou moins grandes de papier.

Vous placez alors la couche gélatinée sur le négatif, et vous exposez au jour et le châssis et le photomètre.

L'expérience démontre que la gélatine est suffisamment impressionnée après une exposition de trois minutes en plein soleil.

Vous développez après ce temps d'exposition la couche gélatinée à l'eau chaude, et si l'épreuve sort avec tous ses détails, vous ouvrez le photomètre et vous examinez la couleur du papier photographique.

L'attention doit se porter surtout sur le point où la lumière a laissé à peine trace de son passage. Ce point correspond à l'ouverture voilée par cinq, six ou sept épaisseurs de papier.

Vous pouvez dès lors régler votre temps d'insolation. Vos couches dans les opérations suivantes auront été suffisamment fouillées par la lumière, quand le papier au nitrate d'argent aura pris sous la même ouverture la teinte dont vous aurez pris note.

Si, par contraire, dans ce premier essai qui doit régler le temps de pose, vous n'obtenez au dépouillement qu'une épreuve faible et grise, vous laisseriez le châssis-presse et le photomètre plus longtemps en lumière et vous attendriez que le papier photographique ait pris sous l'ouverture déjà désignée une teinte plus foncée. Si l'épreuve ne se dépouillait pas dans l'eau à 40°, le temps de pose serait exagéré, et, dans l'exposition qui suivrait, vous retireriez le châssis du jour avant que le photomètre n'ait donné une teinte aussi vigoureuse que celle qui indique une insolation exagérée.

On peut en conclure que la teinte indiquée par le photomètre correspondant à un temps d'insolation qui donne une bonne épreuve est la teinte qui doit guider l'opérateur dans toutes les opérations qui suivront.

Il importe peu dès lors d'insoler au soleil ou à

l'ombre. Dans le premier cas, le temps de pose sera plus court, il sera plus long dans le second cas ; mais, ombre ou soleil, il faudra toujours la même quantité de lumière, si l'on peut ainsi parler, pour amener la teinte observée sur le papier photométrique.

Ce que nous voulons surtout, c'est un relief de gélatine net, précis, bien accusé. Il sera préférable, si le temps le permet, d'exposer le châssis-presse en bonne lumière : les reliefs seront plus fermes.

Report et dépouillement du relief.

Après l'exposition, le papier mixtionné est fixé sur la glace où le cuivre doit se déposer. Le verre se comporte tout aussi bien que le métal dans le bain de cuivre.

Il est bon de fixer le papier sur la glace dans un cabinet obscur, mais on peut s'en dispenser en évitant d'opérer sous un éclairage trop vif.

On remplit une cuvette d'eau filtrée et l'on y place la glace. On plonge ensuite la feuille en plein liquide et l'on fixe sous l'eau le papier sur le support, la mixtion en dessous, en le pressant avec les doigts pour faciliter l'adhérence. Par un temps froid, il est utile de juxtaposer l'épreuve sur le verre dans l'eau tiède.

La couche d'eau interposée entre la glace et le

papier chasse les bulles d'air. On regarde au verso pour s'assurer qu'il n'en existe pas. Dans le cas contraire, on détache le papier et on le remet en place.

Il faut se hâter, mais on a pourtant quelques minutes devant soi. Il ne faut pas laisser à la gélatine le temps de se gonfler sous l'eau. L'adhérence serait moins parfaite.

On porte, après, la glace sur une table. Elle est recouverte d'un papier buvard épais et l'on donne quelques coups de raclette ou de rouleau sans exagérer la pression.

La glace est placée ensuite dans un châssis-presse. Après l'avoir recouverte d'une feuille de buvard, on ferme le châssis.

L'épreuve à développer doit rester dix minutes sous pression.

On procède ensuite au dépouillement du relief.

On porte la glace dans une cuvette qu'on remplit d'eau à 40°. Il faut, en hiver, remplacer cette eau plusieurs fois.

Après dix minutes, on retire le papier qui recouvre la couche de gélatine. Si le papier ne cédait pas facilement et ne se détachait pas de lui-même, l'eau n'aurait pas un degré de chaleur suffisant.

Le papier laisse à peu près la couche entière de gélatine sur la glace.

En employant le papier au charbon, on n'aperçoit d'abord qu'une couche noire. On laisse la

glace dans l'eau chaude, et peu à peu la gélatine restée soluble dans les noirs du négatif se dissout et l'épreuve se montre par degrés. Le relief finit par s'accuser. On arrête le développement quand la gélatine est fouillée dans tous les détails. Le relief serait exagéré s'il devait rester tel qu'il sort de l'eau chaude, mais il s'affaisse en séchant.

C'est le moment de former le grain, en profitant de l'état humide de la couche de gélatine.

Il est utile de rappeler que le relief obtenu est, dans les hauteurs et dans les dépressions, formé de gélatine insoluble. Les parties qui sont en saillie sont cependant assez souples pour qu'il soit possible d'en modifier la structure. Ce sont ces parties saillantes plus ou moins qui doivent déterminer les grands creux de la planche de cuivre. Il est donc important que ces creux soient rendus rugueux pour retenir l'encre et former encriers.

N'oublions pas que la planche sera tirée en taille-douce.

La planche de cuivre traitée au burin ne présente que deux surfaces ou à peu près, celle de la planche elle-même et la surface intérieure, si nous pouvons ainsi parler, qui est indiquée par la profondeur des tailles.

A l'encrage, le noir reste dans les tailles et le chiffon l'enlève également et partout sur la surface polie du métal.

Le cas n'est plus le même pour notre planche à

demi-teintes. Nons serons en présence d'un cuivre en creux, il est vrai, sur toute la partie occupée par le dessin, mais ce creux sera inégal en profondeur, suivant que la gélatine aura donné plus ou moins de relief. Ces creux de profondeur inégale se succèderont sans accidents brusques mais par ondulations, ils seront en outre à fond lisse et incapables de recevoir l'encre, ou pour mieux dire, de la garder quand l'imprimeur passera le chiffon pour désencrer la surface. En admettant même qu'une telle planche pût être encrée, on n'obtiendrait que des épaisseurs d'encre différentes, incapables de reproduire les demi-teintes. Le grain est donc nécessaire dans les creux. Ce grain ne saurait être non plus distribué sur toute la surface de la planche. Il n'en faut pas dans les blancs, peu dans les demi-teintes et beaucoup dans les grands noirs. Si l'on profite du moment où le relief est enc ore humide, cette distribution se fera intelligemment par la force des choses et sans l'intervention de l'opérateur.

On a au choix deux moyens pour grainer.

Grain mécanique sur le relief en gélatine.

On prend du sable fin. On rend les grains égaux en les passant au travers d'un tamis en toile métallique. Il faut choisir une toile dans les numéros les plus serrés.

On fait dissoudre sur un feu doux, dans une capsule ou dans un poêlon en terre, de la cire blanche ou jaune dans de l'essence de térébenthine après dissolution. On verse le sable dans la mixtion et l'on remue avec une spatule afin que la masse reçoive une couche imperceptible de cire. On laisse évaporer tout ce qui est liquide et on laisse refroidir. On a donc obtenu un sable gras et sec. Chaque grain doit être indépendant et conserver sa grosseur primitive.

On passe alors le relief en gélatine dans un bain de sulfate de fer à saturation. On l'éponge avec une feuille de papier de soie dont on couvre la couche, et l'on presse légèrement avec un blaireau doux. On enlève le papier et l'on tamise le sable sur toute la surface du relief qui doit en être recouvert dans son entier. On laisse sécher.

On frappe alors sur le dos de la glace. Le sable gras n'étant pas retenu par la gélatine, se détache. On enlève, à l'aide d'une queue de morue, pinceau qui offre assez de résistance, les quelques grains de sable qui pourraient rester adhérents.

Si nous examinons maintenant le relief, nous remarquerons que le grain, d'une régularité parfaite, ne marque que sur les points où il est utile Sur les blancs du dessin, c'est-à-dire au point où nous en sommes de la gravure, sur les creux de l'épreuve en relief, le sable n'a laissé aucune trace puisque la gélatine, dans ces parties, n'offre pas

d'épaisseur sensible. Le sable ne peut donc pas pénétrer dans le support, c'est-à-dire dans la glace.

Les parties plus élevées du relief où la gélatine molle est plus épaisse sont légèrement piquées par les grains de sable qui ont pénétré à un tiers ou à un quart de leur épaisseur, suivant la profondeur de la couche. Mais les grands reliefs, plus tard les grands creux de la planche, seront profondément troublés par le sable, dans tous les points où le grain sera marqué. Les intervalles des cavités occupées avant par les grains de sable, représenteront, sur la planche définitive, des points blancs, irréguliers, qui donneront de la lumière aux demi-teintes et aux grands noirs. Ces creux permettront d'encrer la planche et d'éviter l'empâtement.

Grain chimique.

Nous obtiendrons tout aussi facilement le grain chimique.

Ce grain est supérieur à celui qui est donné par le sable. Ce n'est pas précisément un pointillé régulier, mais une contraction de la couche de gélatine, un tiraillement dans tous les sens offrant assez d'aspérités pour permettre l'encrage de la planche et donnant à l'épreuve un aspect *sui generis*, fort agréable. On sent le travail de la lumière

et l'on croirait plutôt à une épreuve au sel d'argent qu'à un tirage sur planche métallique. Il y a beaucoup de ressemblance entre le produit de ce tirage et celui qui provient de la Phototypie.

Tous les effets y sont rendus avec précision. Les grandes ombres ne sont pas empâtées, les gris sont harmonieux et il suffit de donner un coup de brunissoir dans les blancs pour aviver les lumières.

Le grain chimique se forme naturellement en livrant la planche à elle-même pendant quatre ou cinq minutes dans un bain spécial où la gélatine se tanne, se resserre et se contracte. Cette modification produit des gerçures irrégulières qui persistent après le séchage, quoique amoindries, et qui forment des points d'arrêts et des creux où le noir se fixe à l'encrage.

Nous avons expliqué, en parlant du grain mécanique, comment et pourquoi le grain ne pouvait se former que sur les parties où il est nécessaire, et nous avons dit que ces points constituent les reliefs qui sont les parties de la couche qui ne sont insolubles que relativement, car ils pourraient être enlevés et dissous par l'eau bouillante. Ce n'est qu'en raison de cette solubilité qu'on peut modifier la structure de la gélatine.

Les fonds, c'est-à-dire les parties se présentant en creux sur la couche que la lumière a influencée plus vigoureusement, sont à peu près inertes. La

gélatine y est en épaisseur si mince, qu'elle ne peut éprouver que très peu de modifications en séchant. Les gerçures dont nous parlons y seront peu accentuées.

Quant aux creux les plus profonds de la couche, la gélatine restée adhérente à la glace est presque desséchée ou elle sèche en un instant en sortant de l'eau chaude. Elle ne peut donc subir aucune modification dans le bain à grainer. Ces parties qui paraissent brillantes sur la glace, produiront un relief poli sur la planche de cuivre ou du moins un grisé si faiblement accentué qu'il suffira d'un coup de brunissoir pour donner l'éclat aux lumières.

Voici la composition du bain :

N° 1.	Eau	500cc
	Sulfate de fer	25gr
	Acide citrique	2
N° 2.	Eau	500cc
	Alun	15gr

On mélange et l'on filtre.

On lave l'épreuve au sortir du bain et on laisse sécher.

La reproduction galvanique de l'épreuve en gélatine sans le grain, ne donnerait rien de bon à l'impression.

Cette planche aurait pourtant un autre emploi. Elle suffirait pour le procédé Woodbury, si l'on substituait à l'encre la gélatine colorée; mais il

faudrait se conformer à toutes les exigences de ce procédé.

Le grain n'est pas obligatoire dans tous les cas. Il est même inutile dans la reproduction des gravures qui ont leurs tailles pour remplacer le grain.

La pierre grainée communique aussi à l'épreuve et au négatif un grain suffisant. Le report de Phototypie sur une pierre préparée pour un dessin ombré est dans les mêmes conditions, et le négatif d'une épreuve phototypique reproduisant le paysage ou le portrait, sous grain donné par l'objectif, peut servir pour les planches de Photogravure.

L'épreuve phototypique que le procédé ne saurait reproduire prend, après le report sur pierre, le pointillé nécessaire à la planche de cuivre. Le grain lui est communiqué par la pierre. Cette dernière méthode qui n'est pas connue est la plus parfaite et la plus sûre.

Le négatif pris sur un tableau donne un grain *sui generis* au relief en gélatine.

Le quadrillé de la toile, quoique masqué par la couleur, l'épaisseur inégale des touches, les oppositions de lumière résultant du mélange des couleurs, transmettent au négatif et à la planche de cuivre des inégalités de surface qui permettent la reproduction en taille-douce sans l'intervention d'un grain artificiel.

Il serait superflu de chercher à grainer la planche pour reproduire un tableau. Ce qui est important, ce sont les soins à donner au négatif.

L'iodure ou le bromure d'argent ne rendent pas ou rendent mal les couleurs. L'art doit venir en aide au procédé.

L'épreuve tirée sur le négatif est presque toujours insuffisante, même avec les plaques isochromatiques préparées au gélatinobromure ou au collodion.

Cette épreuve ne peut servir pour la Photogravure que modifiée et complétée. Le premier négatif direct est donc insuffisant. Il faut absolument en prendre un second sur l'épreuve donnée par le premier. L'artiste doit compléter, sur cette épreuve, les détails absents dans les parties du tableau où les couleurs antiphotogéniques dominent : le rouge, le vert et le jaune.

Certains tableaux, cependant, comme *La Dernière Cartouche* de Neuville, reproduit en photogravure par la maison Goupil, qui sont d'une tonalité moyenne et d'un coloris éteint où le gris domine, peuvent être rendus presque sans retouche par le négatif direct.

Les dessins faits sur un papier spécial, quadrillé ou pointillé en relief par un laminage sur planches d'acier gravées en creux ou, plus simplement, tirés sur pierre lithographique reproduisant le quadrillé ou le pointillé, communiquent

à la gélatine le grain nécessaire à la reproduction par la Photogravure.

Le grain, pour nous résumer, n'est utile que sur les négatifs pris sur nature, portraits, vues, reproductions de dessins estompés, sur papier lisse.

Une foule d'autres moyens s'ajoutent à ceux que nous avons indiqués.

Un quadrillé en cheveux, un pointillé sur pellicule interposé entre le négatif et la couche de gélatine pendant l'insolation, etc.

Mais par ces moyens trop mécaniques, les reproductions manquent d'effets artistiques. Ces procédés sont boîteux.

La typographie qui n'a rien de mieux jusqu'à présent, ose seule leur réserver bon accueil.

Nous avons indiqué, dans un autre livre, une méthode plus rationnelle, qui transforme le négatif pris sur nature, en cliché pointillé, et qui donne en plus un négatif retourné sans passer par l'épreuve positive.

C'est la méthode à la plombagine. On obtient un excellent résultat en saupoudrant au tamis la couche insolée. On pourra consulter, pour plus de détails, notre *Traité d'impression sur zinc* [1].

[1] GEYMET, *Traité pratique de Gravure et d'impression sur zinc par les procédés héliographiques*. 2 vol. in-18 jésus; 1887 (Paris, Gauthier-Villars).

Préparation de l'épreuve en gélatine avant la mise au bain.

Le relief qui nous occupe ne doit pas être excessif, comme on le croit généralement, et c'est précisément ce malentendu qui décourage les personnes qui cherchent à reproduire les demi-teintes en taille-douce.

Il ne faut pas oublier qu'il est possible de contretyper par la Galvanoplastie une épreuve daguerrienne et que la planche obtenue donne des épreuves.

Or, quel peut être le relief d'une épreuve sur le cuivre argenté?

Ce relief n'est pas même sensible à l'œil. On remarquera, d'autre part, que la moindre rayure sur une planche de cuivre gravée à la pointe ou mordue à l'acide donne une planche de rebut; si l'accident porte sur un point essentiel, quelle que soit, du reste, la rayure faite sur un cuivre poli, cette rayure fait tâche à l'impression.

Il faut donc peu de creux sur une planche en taille-douce, et il en faut à peine sur la nôtre, qui est presque imprimée à la manière noire, au lavis. Les grands noirs seront suffisants et les gris sortiront toujours.

L'attention de l'opérateur doit se porter surtout sur l'ensemble de l'épreuve plutôt que sur les re-

liefs. Il faut certainement que le relief soit sensible quand l'épreuve est sèche, mais c'est tout. On trouvera assez de creux sur le cuivre galvanique, beaucoup trop le plus souvent.

En dehors du traitement que nous allons faire subir à la couche de gélatine avant la mise au bain, il faudra tenir compte de certaines dispositions à prendre. Ce sont, il est vrai, des détails, mais ils ont leur importance.

Il est rare que l'épreuve sur gélatine n'ait pas quelques défauts. Des grains de poussière peuvent s'y fixer; des bulles imperceptibles ou des corps étrangers sous-jacents y occasionnent des points en relief. On enlève au putois, quand la gélatine est sèche, les dépôts accidentels; il ne faut pas craindre d'entamer au besoin la couche pour détacher les points en hauteur étrangers au relief, quitte à faire un creux à leur place. Le creux viendra en relief sur le cuivre et l'on pourra toujours l'attaquer au burin. Si le point était resté en relief sur la gélatine nous aurions, au contraire, un défaut en creux sur le cuivre. La correction en serait plus difficile.

Il faut, en outre, que le report de gélatine soit mis exactement au milieu de la glace, que les marges qu'on veut donner au cuivre soient déterminées d'avance sur le verre. On laisse plus d'espace sur la marge du bas, qui reçevra la lettre.

Si, pendant le développement à l'eau chaude,

des soulèvements de peu d'importance, ce qui arrive quelquefois sur les bords, nuisaient à la régularité du dessin, les bords sont tranchés avec une lame guidée par une règle en verre. Les marges de la planche de cuivre à produire doivent être polies. Il faut donc tenir propres les parties de la glace qui ne sont pas recouvertes par le report. Le cuivre en se déposant sur ces parties en prendra le glacé et les marges se trouveront toutes prêtes au moment du tirage.

Métallisation de la gélatine. — Consolidation du report.

La couche de gélatine doit être rendue conductrice de l'électricité par la plombagine. Il serait très difficile d'appliquer convenablement le graphite sur le relief sans auxiliaire.

Le graphite ne prendrait pas.

On couvre donc la glace entière, marges et dessin, d'une couche de vernis sans épaisseur, qui reste légèrement poisseux à l'état sec.

Ce vernis sera doublement utile.

Par cette application, la couche de gélatine est à l'abri des atteintes du bain de cuivre et la métallisation de l'épreuve devient, d'autre part, facile.

FORMULE:

Essence de térébenthine.	100^cc
Essence grasse.	1
Bitume de Judée.	1^gr

Ce vernis, très fluide, est versé en nappe. On applique la plombagine quand la surface de l'épreuve n'est plus poisseuse.

Ce vernis ne donne pas plus d'épaisseur que la couche de plombagine et les reliefs ne perdent rien de leur finesse. Les reliefs sont frictionnés avec une brosse très douce, qui rend la surface brillante et lisse.

Les reliefs, quoique peu accentués, sont appréciables à l'œil nu. Du reste, si tous les détails de l'épreuve se voient à la loupe, les reliefs ont la hauteur voulue.

Ce n'est, du reste, qu'après quelques essais que l'opérateur jugera du résultat final par simple inspection.

Mise en plomb.

Avant la mise au bain, la glace qui porte la gélatine en relief est entourée de bandes de plomb sur les bords.

On procède comme dans la mise en plomb d'un vitrail.

Le succès de l'opération galvanique dépend en grande partie de l'arrangement des lames qui forment le cadre et qui ne doivent faire, pour ainsi dire, qu'un seul corps avec lui.

On coupe sur une feuille de zinc avec une lame bien effilée, pour tailler net quatre bandes de

plomb de $0^m,01$ sur une feuille de l'épaisseur d'une carte de visite.

Ces bandes coupées de longueur, mais avec un léger excès, sont d'abord posées à cheval sur les bords du verre et ensuite rabattues sur les deux surfaces de la feuille.

Le relief, pendant la mise en plomb, est appliqué sur du papier buvard épais qui le soustrait aux accidents.

Les bandes de plomb doublées sont aplaties sous un brunissoir, qui les force à s'appliquer exactement sur le verre et les quatre angles sont réunis avec le fer à souder.

Le verre doit être solidement maintenu dans le cadre, sans jeu possible. Ce détail est plus important qu'il ne paraît.

Sans une soudure très fusible, cet encadrement n'aboutirait pas. Un fer trop chauffé briserait la glace et les bandes de plomb fondraient si la soudure était trop dure.

Voici un alliage fusible à 66° qui est approprié à cette opération délicate.

Bismuth	70gr
Plomb	40
Étain	20
Cadmium	10

L'alliage est fondu dans une cuillère en fer, puis coulé en filets de $0^m,002$ ou $0^m,003$ sur une feuille

de carton. Les fils sont ensuite amincis au marteau et réduits en lames minces.

On en coupe $0^{m},01$, qu'on applique sur le plomb en le faisant porter sur les deux angles à réunir. On saupoudre le métal avec une pincée de stéarine, prise au grattoir sur une bougie. Le fer chaud appliqué sur la soudure la fond et le raccord est fait.

Les soudures sont nécessaires aux quatre angles et sur les deux faces du plomb, en dessus, du côté du relief et au revers.

Une lame étroite de plomb, fixée au fer chaud dans le haut du cadre sur la face qui porte le relief, maintient le fil conducteur.

En dehors de cet arrangement, le résultat est toujours compromis.

Mais ce n'est pas tout. Il faut isoler le plomb en le couvrant, au pinceau, d'une mixtion de bitume de Judée dans la benzine.

Benzine	100^{cc}
Bitume de Judée.	25^{gr}
Essence grasse	5 gouttes.

On s'efforce surtout de faire pénétrer la mixtion entre le plomb et le verre. Le bain ne doit pas pénétrer entre le plomb et le verre. Ces détails minutieux assurent le résultat.

On plombagine enfin le cadre, seulement du côté du relief en insistant sur le contact qui relie la lame de plomb au cadre.

Le point important, c'est que le cuivre se dépose en même temps sur le cadre et sur le verre et que le dépôt de cuivre trouve des points d'appui sur tout le contour de la bordure de plomb, sans pouvoir abandonner pendant le cuivrage la couche de gélatine qu'il recouvre.

Si la couche de cuivre, prenant épaisseur, se soulevait par un angle, l'opération serait à recommencer. Le cuivre se déposerait alors entre le relief de gélatine et le cuivre.

Cet accident se produirait régulièrement sans le secours du cadre en plomb.

La glace toute prête est portée dans le bain de cuivre galvanique acide. Une couche de cuivre qui mettra dès lors l'opération à l'abri de tout accident, couvrira en un quart d'heure et même en quelques minutes le relief en gélatine dans l'appareil dont la description a été faite au sujet des dépôts rapides sur gélatine.

C'est le cas, ou jamais, de changer quelquefois la position de la glace dans le bain, pour donner à la planche en cuivre une épaisseur égale.

Après cinq ou six jours de bain, mais dix jours ne sont pas de trop, la planche est assez épaisse pour résister au tirage sous le cylindre de la presse en taille-douce.

Les surfaces sont séparées en dessoudant les angles au fer chaud. On enlève ensuite avec une lame de bois souple la gélatine qui adhère sur les

reliefs en cuivre. La gélatine peut être dissoute dans un bain de potasse.

On nettoie les creux à la brosse avec du blanc d'Espagne et de l'eau et le dos de la planche est ensuite travaillé à la lime pour en rendre la surface égale et lisse.

Les grands blancs exigent toujours quelques coups de brunissoir et le burin n'est pas inutile pour enlever les points en relief.

L'encrage de ces planches présente quelques difficultés, mais un bon tireur en taille-douce ne s'en préoccupe pas.

Dépôts de production.

L'Électrolyse est aujourd'hui un puissant levier d'industrie pour l'affinage des métaux et surtout du cuivre.

Dans certaines usines, on arrive à produire la quantité énorme de 2500^{kg} de cuivre pur par jour, et, par une disposition particulière, on récolte une quantité assez importante d'or qui restait alliée au cuivre dans l'affinage chimique et qui descend comme l'argent, en poudre noire au fond des bains sans se porter sur la cathode en cuivre.

Les minerais et les rognures de cuivre sont d'abord transformés en sulfate et le courant d'une machine électro-dynamique décompose le sel et

le métal se porte sur des lames de cuivre mince suspendues au pôle négatif.

Cette industrie a pris de grands développements dans tous les centres industriels en France et à l'étranger. Plusieurs maisons importantes ne s'occupent que de l'affinage du cuivre, depuis que Gramme et ses imitateurs ont apporté les derniers perfectionnements aux machines électro-dynamiques, dans lesquelles le courant induit est produit par l'électro-aimant, c'est-à-dire par la machine qui se suffit à elle-même, sans le secours d'un faisceau d'aimants artificiels.

Les machines construites sur le premier type de Gramme sont aujourd'hui très nombreuses. Chaque constructeur a apporté des modifications aux appareils de ce genre qui sont au fond les mêmes.

Le titre de ce livre ne nous permet pas d'entrer au cœur de la question. Nous nous bornerons à quelques renseignements généraux mais précis qui engageront le lecteur à consulter les Ouvrages spéciaux.

L'application de l'Électrolyse, comme industrie d'affinage, ne s'applique pas à tous les métaux. En dehors du cuivre et du plomb, l'affinage chimique est beaucoup plus économique. Mais avec les perfectionnements dont les dynamos sont susceptibles, on arrivera avec le temps à généraliser cette nouvelle industrie.

Machine Gramme.

La machine Gramme calquée sur l'appareil de Clarck dont il a été dit quelques mots dans les Préliminaires de ce livre se compose de trois parties distinctes. La base qui supporte l'appareil, un faisceau d'aimants artificiels et un cercle en fer qui est l'âme de la machine et qui porte trente bobines recouvertes de fil goudronné.

L'aimant, dans les grands appareils, est remplacé par des électro-aimants.

Ces bobines qui tournent avec le cercle en fer qui les porte, sont reliées entre elles. La longueur du fil induit est dès lors considérable. Elles sont reliées chacune à une pièce métallique, isolée de la pièce voisine et le nombre de ces pièces est égal à celui des bobines. Ce sont les collecteurs qui sont entraînés par le même mouvement rotatoire que les bobines. Deux frotteurs diamétralement opposés portent sur les collecteurs, et les bobines sont parcourues les unes par les courants ascendants et les autres par les courants descendants.

Il y a autant de courants successifs que de bobines, et dans les grands appareils dont l'âme porte soixante bobines, la machine produit 45 000 courants par minute quand la force motrice qui met l'âme en mouvement a toute sa force.

On comprend, d'après ce que nous avons dit en

expliquant les lois des courants, que le courant induit est produit par le déplacement du fil métallique dans le voisinage de l'aimant, et dans le voisinage d'un électro-aimant dans les appareils de Siemens, de Schuckert, de Mather, etc.

Le fil de l'électro-aimant est donc le fil inducteur, et le fil induit est la partie du fil inducteur qui passe dans le champ magnétique; mais le mouvement de rotation de la machine est tellement rapide que le courant résultant peut être considéré comme continu.

La machine Gramme est munie d'un appareil appelé *brise-courant*.

Il sert à briser le courant et empêche le changement de direction du courant qui résulte de la polarisation des électrodes. Le courant inverse affaiblirait le courant principal.

La force électromotrice de la machine Gramme est de 18 volts, tandis que celle de la pile Daniell, est de 1 volt, la pile Bunsen, 1 volt 90, et la pile Leclanché, 1 volt 48.

L'affinage du cuivre est soumis aux mêmes règles que les dépôts de Galvanoplastie.

La densité du bain doit osciller entre 17° et 18° de Baumé. On réduit ou le sel de cuivre ou le métal impur qui sert d'anode. En opérant sur le sulfate de cuivre l'anode est en platine et le courant doit être plus énergique. Si l'anode est la planche de cuivre à électrolyser, on obtient la

même quantité de métal avec moins de courant. Dans tous les cas, l'anode ne doit pas être distante à plus de $0^m,07$ de la cathode.

Si le courant traverse plusieurs bains placés à la suite les uns des autres et si ces bains sont de même nature et de même densité, le dépôt sera le même sur toutes les cathodes, c'est-à-dire que si le courant dépose avec un seul bain $0^{gr},001$ de cuivre au pôle négatif de l'appareil, le même courant réduira la même quantité de métal dans les cuves suivantes. On voit par là l'avantage énorme d'une installation importante. La cathode est une feuille de cuivre mince de 0^m001.

APPENDICE

Modification de la pile Leclanché. — Pile de Lalande et Chaperon.

La pile Leclanché a subi depuis peu une modification importante qui, tout en diminuant la résistance intérieure, s'oppose à l'efflorescence des sels sur les bords du vase en verre.

Dans la nouvelle construction, le zinc occupe le centre de l'aggloméré dont la composition reste la même. Le charbon et l'oxyde de manganèse sont, dans les nouveaux éléments, amalgamés avec du soufre fondu. — La pile Lalande et Chaperon est encore dans la période d'essai. Elle a fait cependant ses preuves.

Cet appareil se recommande aux électriciens et aux galvanoplastes sous plus d'un rapport.

Le fonctionnement en est régulier et la pile ne dégage aucun gaz. Elle peut être montée en batterie dans un cabinet d'étude ou dans l'atelier.

La force électromotrice utilisable de la pile lande et Chaperon est comprise entre 0 volt 8 et 0 volt 9.

La résistance est faible. Elle est de 1 volt 50 pour le modèle ordinaire débitant de 1,50 à 2 ampères.

L'appareil est formé d'un vase de verre recevant intérieurement une capsule en fer qui touche au fond et qui occupe le cinquième de la hauteur du récipient.

On soude à cette capsule un fil de cuivre protégé à partir de la soudure jusqu'à l'extérieur du liquide par un tube en verre comme dans la pile de Callaud.

La capsule est remplie d'oxyde noir de cuivre.

Le liquide du vase en verre est une dissolution de potasse caustique dans l'eau ordinaire. Elle doit marquer de 35 à 40° Beaumé.

L'électrode, reliée à la capsule renfermant l'oxyde de cuivre, est le pôle positif.

Le fil négatif est soudé au centre d'une spirale en zinc amalgamé extérieurement, et mieux en zinc fondu avec du mercure.

Le zinc n'est pas attaqué par la potasse quand le courant est ouvert.

Pendant le travail, la potasse oxyde le zinc et forme du zincate de potasse qui se redissout dans l'excès de potasse.

L'hydrogène libre se porte au pôle positif où il réduit l'oxyde noir de cuivre à l'état de cuivre

pulvérulent se transformant lui-même en eau et en acide carbonique.

Cette pile n'a qu'un défaut : son prix élevé.

Nous conseillons à l'électricien de préparer lui-même l'oxyde noir, dont le prix de vente est exagéré, en décomposant le carbonate de cuivre dans un creuset à la chaleur rouge.

On obtient plus économiquement le bioxyde de cuivre en attaquant 200^{gr} de tournure de cuivre par 1000^{gr} d'acide azotique étendu d'eau dans une capsule en porcelaine placée sur un feu modéré.

On filtre la dissolution, qu'on évapore ensuite, et l'on introduit le nitrate de cuivre desséché dans un creuset.

La chaleur rouge le transforme en bioxyde noir.

On trouve, avec les quantités indiquées, 250^{gr} d'oxyde chimiquement pur.

L'oxyde brun du commerce, provenant de l'acétate de cuivre, ne donnerait pas les mêmes résultats.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

PRÉLIMINAIRES 1

PREMIÈRE PARTIE.

CHAPITRE I.

Phénomènes généraux . . . . . .

Électricité 3
Électricité statique. — Électricité dynamique. — Sources d'électricité. — Effets de l'électricité statique. — Conductibilité. — Résistance. — Corps bons et mauvais conducteurs 4
Électricité neutre. — Fluide positif. — Fluide négatif. — Corps isolants. — Sources d'électricité 6
Rôle de l'électricité 12
Galvanisme. — Piles 13
Polarisation 16
Pile Leclanché à substance dépolarisante solide 19
Pile de Grenet à substance dépolarisante liquide 20
Pile de Daniell 22
Appareil simple ou auge à décomposition 24
Pile de Callaud 25
Pile de Bunsen 26

CHAPITRE II.

Effets des courants 30

Effets des courants. — Électrodes. — Anions. — Cations. Décomposition de l'eau. — Voltamètre. — Théorie probable de l'Électrolyse 40
Boussoles. — Galvanomètres 44

Pages.

CHAPITRE III.

Magnétisme 4
Action de la terre sur les aimants. 50

CHAPITRE IV.

Électromagnétisme 52
Expériences d'Œrstedt 53
Lois de déviation. 55
Lois des courants. 56
Solénoïdes. 58
Électro-aimants 59
Courants d'induction. — Bobine de Ruhmkorff 60
Machine de Clarke. 61

DEUXIÈME PARTIE.

CHAPITRE I.

Dépôts métalliques. 63
Rayon des produits chimiques employés dans l'Électrolyse industrielle. 63
Instruments et accessoires. 64
Électrolyse industrielle. — Électrolyse scientifique 65
Unités pratiques. 66
Dépôts métalliques. 70
Dépôts sans épaisseur. — Dorure. — Nickelage. — Cuivrage. — Platinage. 71
Dorure 74
Or de couleurs diverses 79
Mise en couleur. — Mat. — Épargnes. — Incrustations. . . 81
Dorure du zinc. — Cuivrage préliminaire. 85
Préparation du chlorure d'or. 87

CHAPITRE II.

Argenture galvanique. 91
Cyanure d'argent. 91

Pages.

Observations. 94
Composition du bain d'argenture. — Formule. 96
Nettoyage du cuivre avant l'argenture. 98
Cuve à argenter. — Disposition des pièces dans le bain . . 100
Vieux bains 101
Nickelage. — Formules 102
Platinage. — Formules 109
Cuivrage pelliculaire par les bains alcalins. — Formules . 111
Cuivre jaune. 116
Bain de fer. — Aciérage des planches de cuivre gravées. — Formules. 117
Plombage. — Chromoplastie. — Bain chromo-électrique. . 119
Procédés pour détacher du cuivre les métaux précieux déposés par l'électricité. — Dédrogues. 124

CHAPITRE III.

Cuivrage à la pile des substances organiques. . . 128

Cuivrage de la plume d'autruche comme type général du procédé. 128
Préparation de la plume. 131
Métallisation. 131
Réduction de l'argent 132
Disposition à donner à la plume avant la mise au bain. . . 134
Argenture des plumes, etc. 139
Dorure. 140

TROISIÈME PARTIE.

CHAPITRE I.

Galvanoplastie 143

Bain de cuivre acide. 144
Appareil simple. — Disposition des pièces dans le bain . . 146
Appareil composé 149
Galvanoplastie d'or et d'argent. — Formules. 151
Bronzage. — Formules 154
Métallisation. — Formules 156

Pages.

CHAPITRE II.

Moulage 161

Moulage à la gutta-percha. 162
Moulage à la boule et à la feuille 165
Moulage à la presse 167
Réduction des modèles par la stéarine. — Moulage à la cire 168
Moulage au plâtre. 170
Moulage à la gélatine. 176
Soins à donner aux moules en gélatine. — Métallisation.. . 185
Procédé héliographique. 186
Procédé Lenoir 190
Morsure de la gélatine 196

CHAPITRE III.

Dépôts métalliques sans courant apparent. 204

Dorure au trempé. — Formules. 204
Dorure au pinceau sur cuivre. — Formule. 206
Dorure de l'acier et du fer. 206
Argenture au trempé. — Formule. 207
Cuivrage du fer et de la fonte au trempé. — Formules.. . . 208
Argenture du verre, de la glace, de la corne, du bois et de la nacre. — Formules 210
Décapage. — Formules. 213

CHAPITRE IV.

Dépôts de protection 217

Dépôts sur fer, sur fonte et sur plâtre. — Cuivrage des statues grandeur naturelle. 217

CHAPITRE V.

Procédé héliographique. 233

Mise en creux par la pile des reliefs en gélatine inerte pour planches en taille-douce. — Reproduction des tableaux et des dessins ombrés. 233

Pages.

Photogravure par Galvanoplastie 234

Papier gélatiné. — Papier au charbon. 234
Préparation de la feuille gélatinée 235
Préparation du papier. — Formule. 239
Sensibilisation. — Formule. 241
Exposition à la lumière 244
Report et dépouillement du relief 247
Grain mécanique sur le relief en gélatine. 250
Grain chimique. — Formules.. 252
Préparation de l'épreuve en gélatine avant la mise au bain. 258
Métallisation de la gélatine. — Consolidation du report. — Formule 260
Mise en plomb. — Formules 261
Dépôts de production. 265
Machine Gramme. 267

APPENDICE.

Modification de la pile Leclanché. — Pile de Lalande et Chaperon. 271

HEARST LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Paris. — Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.

THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE
STAMPED BELOW

AN INITIAL FINE OF 25 CENTS
WILL BE ASSESSED FOR FAILURE TO RETURN
THIS BOOK ON THE DATE DUE. THE PENALTY
WILL INCREASE TO 50 CENTS ON THE FOURTH
DAY AND TO $1.00 ON THE SEVENTH DAY
OVERDUE.

NOV 13 1933
NOV 14 1933

LIBRARY USE
APR 17 1961

REC'D LD
APR 17 1961

LD 21-100m-7,'33

YB 151

T5870
G4

38977